ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1912 Г. ТОМЪ 13. № 4.

Химически дѣятельное видоизмѣненіе азота.



Р. Дж. Стрэтта[1]).

1. Самосвѣченіе азота.

Извѣстно, что въ разрядныхъ трубкахъ часто наблюдаютъ свѣченіе газа послѣ прекращенія разряда. Въ одномъ изъ прежнихъ моихъ изслѣдованій[2]) мнѣ удалось показать, что это явленіе въ случаѣ воздуха носитъ характеръ горѣнія, сопровождаемаго фосфоресценціей, и что оно обусловлено реакціей между окисью азота и озономъ, образованными во время разряда. Въ другомъ изслѣдованіи[3]) я сверхъ того показалъ, что горѣніе другихъ веществъ, какъ-то: сѣры, сѣроводорода, ацетилена и іода, въ соприкосновеніи съ азотомъ, тоже сопровождается фосфоресценціей. Нѣкоторыя изъ нихъ даютъ при этомъ сплошные спектры, большинство-же полосатые спектры.

Въ первомъ изслѣдованіи было указано на то, что чистый азотъ вовсе не даетъ свѣченія послѣ прекращенія разряда, и съ обыкновенной индукціонной катушкой, съ которой я работалъ тогда, правильность этого наблюденія была многократно подтверждена впослѣдствіи. Однако П. Люисъ наблюдалъ свѣченіе азота послѣ прекращенія разряда, когда включалъ Лейденскую банку и искровой промежутокъ[4]). При тѣхъ-же условіяхъ и мнѣ удалось получить это самосвѣченіе, и я примѣнилъ къ его изслѣдованію методъ, описанный въ моихъ прежнихъ работахъ и принадлежащій Сэръ Джемсу Дюару[5]). Онъ заключается въ

[1]) Bakerian Lecture by the Honourable R. J. Strutt F. R. S. Proceedings Royal Society 85. 219 (1911). Р. Дж. Стрэттъ, проф. Royal College въ Лондонѣ,—сынъ Лорда Рэлея.

[2]) Proceedings Physical Society. 23. 66 (1910).

[3]) Loc. cit. 23. 147 (1911).

[4]) Annalen der Physik. 2. 466 (1900). Physikalische Zeitschrift 5. 546 (1904).

[5]) Proceedings Royal Institution. 1888. Engineering, June 18, 1909.

пропусканіи струи газа черезъ разрядную трубку въ сосудъ, гдѣ образуется свѣченіе, а изъ него въ насосъ хорошей конструкціи, приводимый въ дѣйствіе соотвѣтственнымъ двигателемъ. Такимъ образомъ удается изучить свойства свѣтящагося азота гораздо лучше, чѣмъ это можно сдѣлать, прерывая періодически разрядъ и изслѣдуя происходящія во время перерыва явленія.

Какъ указалъ Люисъ, свѣченіе азота обладаетъ совсѣмъ новымъ полосатымъ спектромъ; въ видимой части характерными для него являются три полосы приблизительно одинаковой яркости: зеленая, желтая и красная. Наиболѣе яркая изъ нихъ,—желтая, придаетъ обыкновенно свѣченію желтый цвѣтъ. Это свѣченіе сходно со свѣченіемъ воздуха послѣ прекращенія разряда, обусловленнаго соединеніемъ окиси азота съ озономъ. Но спектроскопъ позволяетъ немедленно различать эти два свѣченія, такъ какъ свѣченіе воздуха даетъ сплошной спектръ. Я получалъ свѣченіе азота такой яркости, что, будучи расположено на 8 дюймовъ подъ лампой въ 32 свѣчи, оно сразу поражало наблюдателя, находившагося на разстояніи 30 футовъ отъ него.

Что касается условій образованія этого свѣченія, то мои наблюденія не вполнѣ сходятся съ наблюденіями Люиса. Такъ, онъ его получалъ съ азотомъ изъ азотистокислаго натрія и хлористаго аммонія, но не могъ его получить съ атмосфернымъ азотомъ и потому считалъ присутствіе слѣдовъ окисловъ азота необходимымъ условіемъ для его образованія. Я же воспроизвелъ его сначала, пользуясь азотомъ, получаемымъ изъ воздуха и пропуская послѣдній черезъ накаленную до красна мѣдь, а затѣмъ, освобождая воздухъ отъ кислорода посредствомъ Гемпелевскаго влажнаго метода [1]).

Фонъ-Мозенгель [2]) показалъ дальше, что азотъ, совершенно очищенный отъ кислорода посредствомъ натрія, даетъ то-же свѣченіе. Я провѣрилъ это наблюденіе, предварительно пропуская азотъ черезъ расплавленный фосфоръ,

[1]) При Гемпелевскомъ методѣ необходимо удалить углекислоту и амміакъ посредствомъ соотвѣтственныхъ поглощающихъ веществъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ не получается свѣченія. Съ другой стороны—сушеніе азота повидимому безполезно.

[2]) Annalen der Physik. 20. 833 (1906).

а только затѣмъ черезъ разрядную трубку. При этихъ условіяхъ явленіе выступало еще рѣзче. Въ фосфорѣ-же не замѣчалось никакого свѣченія.

Азотъ, приготовленный сжиганіемъ фосфора въ воздухѣ подъ большимъ колоколомъ, даетъ свѣченіе, но довольно плохое. Онъ недостаточно свободенъ отъ кислорода. Однимъ словомъ, все указываетъ на то, что свѣченіе связано съ азотомъ и только съ азотомъ.

Для опытовъ надъ свѣченіемъ, особенно если они продолжительны, лучше всего пользоваться находящимися въ продажѣ цилиндрами съ сжатымъ азотомъ, примѣняя къ нимъ автоматическіе регуляторы. Продажный азотъ недостаточно очищенъ отъ кислорода, но его легко очистить отъ него, пропуская черезъ трубку, наполненную свѣже нарѣзанными, или расплавленными кусками фосфора. При входѣ азота въ такую трубку наблюдается свѣченіе, указывающее на поглощеніе примѣшаннаго кислорода. Это свѣченіе прекращается на весьма близкомъ разстояніи отъ начала трубки; на дальнѣйшемъ-же ея протяженіи господствуетъ совершенная темнота, что служитъ доказательствомъ полноты поглощенія и пригодности азота для опыта. Трубка съ фосфоромъ не должна подвергаться дѣйствію дневного свѣта, такъ какъ послѣдній, дѣйствуя на поверхность фосфора, оказываетъ вредное вліяніе на его поглощательную способность.

2. Вліяніе температуры.

Если умѣренно нагрѣвать часть длинной трубки, черезъ которую проходитъ струя свѣтящагося азота, то на данномъ мѣстѣ свѣченіе прекращается, но возстановляется опять, какъ только газъ переходитъ въ болѣе холодную часть трубки. Если-же пропускать газъ черезъ трубку, погруженную отчасти въ жидкій воздухъ, то по мѣрѣ приближенія къ охлаждаемой части свѣченіе все усиливается, но исчезаетъ совершенно и окончательно, когда газъ поступаетъ въ охлаждаемую часть трубки. Усиленіе свѣченія представляетъ здѣсь какъ-бы компенсирующее явленіе по отношенію къ потерѣ свѣтящейся способности отъ повышенія температуры. Каковы-бы ни были атомные или моле-

кулярные процессы, вызывающіе свѣченіе азота, изъ этихъ опытовъ слѣдуетъ, что они ускоряются отъ пониженія температуры и замедляются отъ ея повышенія. Такой ходъ явленія соотвѣтствовалъ-бы, напримѣръ, соединенію диссоціированныхъ атомовъ азота въ молекулы.

Сомнительно, однако, чтобы видимое свѣченіе могло служить здѣсь полною мѣрою происходящаго измѣненія. Такъ, я нашелъ, что сильное нагрѣваніе трубки, черезъ которую проходитъ свѣтящійся азотъ, окончательно уничтожаетъ его свѣченіе; поэтому очевидно, что приведенная выше картина явленія далеко не совершенна.

3. Дѣйствіе электрическаго поля.

Самъ собою напрашивается вопросъ: не связаны-ли какимъ нибудь образомъ газовые іоны, образованные во время разряда и несомнѣнно уносимые свѣтящимся азотомъ, со свойствами свѣченія? Если-бы это было такъ, то слѣдовало-бы ожидать, что пропусканіемъ свѣтящагося газа черезъ электрическое поле для удаленія іоновъ мы бы уничтожили какъ самое свѣченіе, такъ и его свойства, въ особенности-же свойство давать въ соприкосновеніи съ металлами металлическіе спектры, о чемъ будетъ рѣчь впереди. Свѣтящійся азотъ пропускался черезъ трубку, 40 см. длиною и 2 см. въ діаметрѣ, снабженную внутри по всей длинѣ двумя станіолевыми лентами, расположенными одна противъ другой и служившими электродами. Приложеніе къ нимъ электродвижущей силы въ 200 вольтъ не оказывало ни малѣйшаго вліянія на свѣченіе азота. Равнымъ образомъ способность его вызывать въ противоположномъ концѣ трубки при смѣшеніи съ парами натрія спектръ послѣдняго нисколько отъ этого не пострадала (см. § 5).

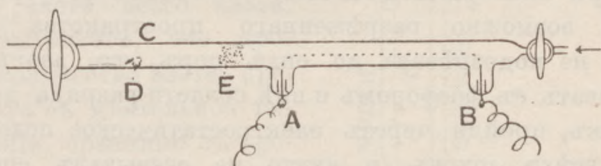
4. Дѣйствіе свѣтящагося азота на металлоиды.

Свѣтящійся азотъ обладаетъ замѣчательными химическими свойствами.

При протягиваніи его при помощи насоса надъ малой коркой фосфора наступаетъ бурная реакція, сопровождаемая образованіемъ краснаго фосфора, причемъ желтое свѣченіе

исчезаетъ, а газъ поглощается. Этотъ опытъ можетъ быть легко воспроизведенъ въ трубкѣ, изображенной на фиг. 1.

Въ данномъ случаѣ трубка закрыта и черезъ нее не проходитъ токъ азота. Разрядъ проходитъ между электродами *A* и *B*, какъ это изображено пунктиромъ, а сіяніе азота диффундируетъ въ часть трубки *C*, гдѣ можно наблюдать его характерный цвѣтъ и спектръ. Съ другой стороны ему на встрѣчу диффундируютъ пары фосфора изъ фосфорной корки, помѣщенной въ *D*, и въ точкѣ *E* приходятъ съ нимъ въ соприкосновеніе. Въ этомъ мѣстѣ происходитъ бурная реакція, при которой красный фосфоръ отлагается пленкой на стѣнкахъ трубки [1]). Одновременно начинаетъ измѣняться характеръ разряда, что указываетъ на начало поглощенія. Если начать съ достаточнымъ количествомъ азота для того, чтобы разрядъ происходилъ тонкою нитью, то



Фиг. 1.

черезъ нѣсколько минутъ давленіе падаетъ настолько, что разрядъ все расширяется и выполняетъ всю трубку. Вскорѣ послѣ этого разрѣженіе достигаетъ крайняго предѣла и разрядъ прекращается.

Возвращаясь къ опыту, въ которомъ поддерживается непрерывный токъ азота, оказалось, что, въ случаѣ удаленія Лейденской банки и примѣненія обыкновенной индукціонной катушки, струя азота дѣйствуетъ весьма слабо на фосфоръ, а именно: черезъ нѣсколько минутъ обыкновенно замѣчается вокругъ фосфора слабое зеленоватое пламя. То-же пламя выступаетъ болѣе ярко при разрядѣ съ конденсаторомъ, но только на одно мгновеніе, такъ какъ, почти не-

[1]) Извѣстны и другіе случаи, въ которыхъ при реакціи между фосфоромъ и другими тѣлами избытокъ фосфора превращается въ красный фосфоръ; такъ, напримѣръ, протекаетъ реакція съ іодомъ.

медленно послѣ своего появленія, непрозрачный осадокъ краснаго фосфора на стѣнкахъ трубки скрываетъ его отъ нашего взора.

Нѣтъ сомнѣнія, что и разрядъ обыкновенной индукціонной катушки производитъ то-же дѣйствіе, что и разрядъ съ конденсаторомъ, но только въ слишкомъ слабой степени для того, чтобы вызвать видимое свѣченіе азота; присутствіе видоизмѣненнаго азота можетъ быть обнаружено тогда только посредствомъ его предохранительнаго дѣйствія на фосфоръ.

Новымъ въ этихъ наблюденіяхъ является то обстоятельство, что примѣняемые фосфорные пары не имѣютъ доступа къ области, гдѣ происходитъ разрядъ. Вѣдь давно уже извѣстно, что фосфорные пары соединяются въ области самого разряда съ азотомъ, и это свойство примѣняется съ 1893 г. при выкачиваніи воздуха изъ калильныхъ лампъ [1]).

Сэръ Оливеръ Лоджъ тоже примѣнялъ фосфоръ для полученія возможно разрѣженнаго пространства [2]). Никто, однако, не подозрѣвалъ до сихъ поръ, что азотъ можетъ реагировать съ фосфоромъ и внѣ области разряда даже послѣ того какъ, пройдя черезъ электростатическое поле, онъ лишится всѣхъ іоновъ, и никто не связывалъ способности азота къ этой реакціи съ его свѣченіемъ.

Я воспользовался реакціей съ фосфоромъ для опредѣленія процентнаго содержанія дѣятельнаго азота въ азотѣ въ тотъ моментъ, когда газъ выходитъ изъ разрядной трубки. Сущность метода заключается въ опредѣленіи приращенія вѣса фосфора, надъ которымъ былъ пропущенъ измѣренный объемъ азота.

На фиг. 2 изображенъ приборъ. Активный азотъ поступаетъ въ него изъ разрядной трубки, соединенной посредствомъ короткаго каучука съ краномъ *A*. Онъ проходитъ надъ кусками фосфора въ *B*, гдѣ поглощается съ отложеніемъ краснаго фосфора, причемъ свѣченіе исчезаетъ. Дальше газъ поступаетъ въ *U*-образную трубку *C*, охлаждаемую жидкимъ воздухомъ; этимъ устраняется возможность пере-

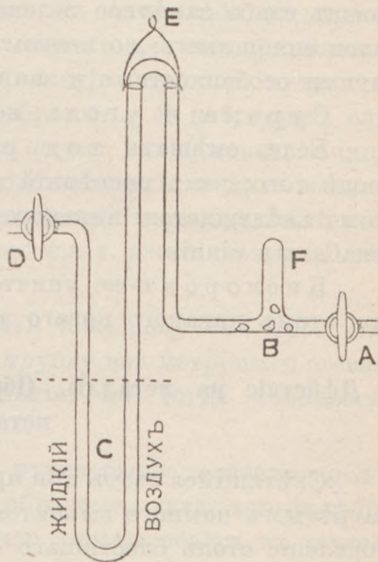
---

[1]) См. напримѣръ J. Rodet, Lampes à incandescensce, p. 107. Paris, Gauthier-Villars, 1907.

[2]) Патентъ № 25047 (1905).

носа паровъ фосфора струей газа. Наконецъ, газъ выходитъ черезъ кранъ D. Все это приспособленіе посредствомъ проволоки E можетъ быть повѣщено на вѣсахъ. Фосфоръ вводится предварительно черезъ трубку F, которая затѣмъ запаивается. Взвѣшиваніе производилось всегда съ выкачанной трубкой и принимались всѣ предосторожности для устраненія влаги, которая могла-бы повлiять на результаты.

Въ одномъ изъ типичныхъ опытовъ было пропущено 2540 см.^{3} азота, причемъ приращеніе вѣса равнялось 15,5 мгр. Такимъ образомъ азота поглотилось 12,2 см.^{3}, или $^1/_{210}$ часть всего азота. Отсюда вытекаетъ, что процентное количество азота, превращеннаго въ дѣятельное видоизмѣненіе, сравнимо съ процентнымъ количествомъ кислорода, превращаемаго въ озонъ въ озонизаторѣ.



Фиг. 2.

Свѣтящійся азотъ вызываетъ тоже замѣчательныя явленія, если его пропускать надъ іодомъ. Его нормальный желтый цвѣтъ въ мѣстѣ соприкосновенія съ парами іода переходитъ въ роскошное свѣтло-синее пламя. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ начинается сіяніе, замѣчается слабое повышеніе температуры. Мнѣ не удалось доказать для этого случая поглощенія азота; равнымъ образомъ я не замѣтилъ отложенія какого нибудь новаго вещества въ трубкѣ. Оно, пожалуй, маскируется избыткомъ іода.

Синее пламя даетъ роскошный спектръ, состоящій изъ широкихъ полосъ. Подробное его изслѣдованіе будетъ дано въ одной изъ слѣдующихъ моихъ работъ. Теперь же я сдѣлаю краткій обзоръ дѣйствія свѣтящагося азота на нѣкоторые другіе металлоиды.

С ѣ р а при нагрѣваніи тушитъ сіяніе потока свѣтящагося азота; при болѣе сильномъ нагрѣваніи появляется сла-

бое синее пламя или свѣченіе, несравнимое ни по яркости, ни по объему со свѣченіемъ іода. На стеклѣ образуется прозрачный зеленый налетъ.

Селенъ не оказываетъ никакого дѣйствія.

Мышьякъ, нагрѣтый въ потокѣ свѣтящагося азота, давалъ слабо замѣтное зеленое пламя, спектръ котораго казался сплошнымъ; во всякомъ случаѣ онъ не отличался никакими особенностями и занималъ всю видимую область.

Сурьма и уголь не оказали никакого дѣйствія.

Если смѣшать водородъ со свѣтящимся азотомъ послѣ того, какъ послѣдній вышелъ изъ разрядной трубки, то не наблюдается никакого дѣйствія, кромѣ нормальнаго ослабленія сіянія.

Кислородъ-же уничтожаетъ сіяніе азота, не образуя при этомъ никакого новаго вида свѣченія.

5. Дѣйствіе на металлы. Образованіе линейныхъ спектровъ металловъ.

Свѣтящійся азотъ при пропусканіи надъ кускомъ натрія, нагрѣтымъ немного выше температуры плавленія, вызываетъ появленіе столь блестящаго спектра натрія, что способность вызывать линію *D* слѣдуетъ считать наиболѣе чувствительной реакціей на присутствіе дѣятельнаго азота.

Когда натрій нагрѣтъ сильнѣе, напримѣръ до 250°, наблюдается замѣчательное явленіе. Болѣе густой паръ, непосредственно окружающій металлъ, становится зеленымъ и даетъ весьма яркую линію *E*, причемъ линія *D* дѣлается еле замѣтною. По обѣ стороны центральнаго зеленаго свѣта распространяется внѣшняя свѣтящаяся область, въ которой линія *D* преобладаетъ.

Мнѣ удалось наблюдать поглощеніе свѣтящагося азота натріемъ посредствомъ того-же метода, который я примѣнялъ для фосфора. Пары натрія не допускались въ ту часть трубки, въ которой происходилъ разрядъ, и спектръ натрія тамъ не наблюдался [1]).

---

[1]) Этимъ отличается описанное здѣсь дѣйствіе отъ хорошо извѣстной поглощательной способности щелочныхъ металловъ, служащихъ катодомъ во время разряда.

Повидимому нѣтъ оснований сомнѣваться въ томъ, что наблюдаемый въ этихъ опытахъ спектръ натрія есть ни что иное, какъ спектръ натрія, горящаго въ дѣятельномъ азотѣ съ образованіемъ нитрида. Методъ этотъ, позволяя получать спектры металловъ въ трубкѣ при сравнительно весьма низкихъ температурахъ и при томъ въ отсутствіи электрическаго поля, открываетъ новую область для экспериментальныхъ изслѣдований. Линейные спектры другихъ металловъ были получены аналогичнымъ образомъ. Я наблюдалъ слѣдующіе спектры: кадмія, магнія, ртути, калія, цинка, свинца. Талий былъ взятъ въ видѣ хлористаго талія и далъ великолѣпный зеленый свѣтъ, представляющій поразительный контрастъ съ желтымъ цвѣтомъ свѣченія азота, который онъ замѣщаетъ.

Спектръ натрія можетъ быть тоже полученъ пропусканіемъ дѣятельнаго азота черезъ трубку изъ натріеваго стекла, накаленную почти до размягченія, но тогда появляется только одна линія *D*.

Въ случаѣ металлической ртути было доказано поглощеніе азота точно такимъ-же образомъ, какъ для фосфора и натрія; хотя, въ виду того, что опыты велись въ закрытой трубкѣ и безъ протока газа, на практикѣ оказалось невозможнымъ предохранить пространство, въ которомъ происходилъ разрядъ, отъ проникновенія ртутныхъ паровъ. Очевидно, мы здѣсь имѣемъ дѣло съ тѣмъ явленіемъ, которое описываетъ Трельфаль [1]). Онъ замѣтилъ поглощеніе азота, черезъ который онъ пропускалъ при низкомъ давленіи разрядъ съ конденсаторомъ въ присутствіи ртути, но въ его работѣ нѣтъ никакого указанія на свѣченіе азота. Онъ замѣтилъ при этомъ образованіе соединенія, разлагающагося при слабомъ нагрѣваніи съ незначительнымъ взрывомъ.

Хотя въ опытахъ съ поглощеніемъ нельзя было не допустить проникновенія ртути въ пространство, гдѣ происходилъ разрядъ, тѣмъ не менѣе это было легко достигнуто, когда при помощи насоса пропускался непрерывный токъ азота. Работая при этихъ условіяхъ, я нашелъ, что Трельфалевскій взрывчатый нитридъ образуется тогда, когда свѣ-

[1]) Philosophical Magazine. January. 1903. p. 1.

тящійся азотъ вызываетъ спектръ ртути. Мнѣ кажется, что явленіе это представляетъ убѣдительное доказательство того, что образованіе металлическихъ спектровъ есть прямое слѣдствіе соединенія металловъ съ дѣятельнымъ азотомъ.

Слѣдуетъ замѣтить, что между тѣмъ, какъ нагрѣтые металлы (напр. цинкъ) быстро покрываются налетомъ нитрида, холодные металлы сохраняютъ свою блестящую поверхность въ свѣтящемся азотѣ. Это я замѣтилъ особенно на натріѣ и ртути. Чистые холодные металлы не оказываютъ никакого вреднаго вліянія на яркость самаго свѣченія.

6. Дѣйствія на сложныя тѣла.

Нѣкоторые газы и пары при смѣшеніи только разбавляютъ свѣченіе азота. Примѣромъ можетъ служить вода и углекислота.

Въ одномъ случаѣ ясно наблюдалось химическое дѣйствіе. Это было съ нафталиномъ, который бурѣетъ и образуетъ бурый налетъ на стѣнкахъ трубки при пропусканіи черезъ нее дѣятельнаго азота. При этомъ свѣченіе азота исчезало и взамѣнъ не наблюдалось появленія другихъ свѣтовыхъ явленій. Нафталинъ не нагрѣвался.

Амміакъ представляетъ другой примѣръ уничтоженія свѣченія азота, не сопровождаемое появленіемъ свѣченія новаго вида. Весьма вѣроятно, что и здѣсь происходитъ химическая реакція, но это еще не доказано.

Однако несомнѣнно, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ происходить уничтоженіе свѣченія при соприкосновеніи съ нѣкоторыми веществами, безъ всякаго химическаго дѣйствія.

Перекись марганца и окись мѣди уничтожаютъ его мгновенно. Аналогія съ разрушеніемъ озона этими веществами прямо поразительна.

Свернутый цилиндръ изъ окисленной на поверхности мѣдной сѣтки былъ взвѣшенъ въ стеклянной трубкѣ. Послѣдняя была затѣмъ помѣщена между разрядной трубкой и насосомъ и соединена съ ними посредствомъ короткихъ каучуковъ, послѣ чего черезъ цилиндръ пропускался въ продолженіе получаса потокъ свѣтящагося азота. Свѣченіе мгно-

венно прекращалось у поверхности окиси мѣди. Послѣ этого трубка была опять взвѣшена, причемъ нельзя было открыть приращенія вѣса, достигающаго даже $^1/_{10}$ мгр., между тѣмъ какъ количество прошедшаго дѣятельнаго азота, если судить по опытамъ съ фосфоромъ, было не меньше нѣсколькихъ миллиграмовъ. Я заключаю, что въ этомъ случаѣ свѣченіе уничтожается каталитически.

Есть другой классъ соединеній, которыя при испареніи въ азотномъ сіяніи начинаютъ свѣтиться и даютъ характерные полосатые спектры. Хлорное и хлористое олово оба даютъ яркое и обильное синее свѣченіе. Главная часть свѣта испускается широкой симметричной полосой, лежащей въ области синяго и фіолетоваго цвѣтовъ. Кромѣ того наблюдается много полосъ въ ультрафіолетовой части, обязанныхъ своимъ происхожденіемъ главнымъ образомъ олову. Іодистая ртуть даетъ фіолетовое свѣченіе съ сильно выраженной несимметричной фіолетовой полосой, не сходной ни съ одной полосой въ спектрѣ свѣченія чистаго іода, о которомъ была рѣчь въ § 4. Различныя ртутныя соли даютъ различныя свѣченія, такъ, напр., однохлористая ртуть (каломель) даетъ зеленое свѣченіе.

Хлористая мѣдь даетъ зелено-синее свѣченіе, спектръ котораго сходенъ со спектромъ той-же соли, накаливаемой въ пламени Бунзенской горѣлки, но по сравненію съ послѣднимъ гораздо богаче новыми линіями и полосами.

Ціанъ, введенный въ азотное свѣченіе, даетъ характерное лиловое пламя съ его хорошо извѣстнымъ спектромъ.

Полосатый спектръ іода (см. § 4), вѣроятно, того-же происхожденія, что и описанные здѣсь спектры сложныхъ тѣлъ. Они всѣ по существу представляютъ спектры пламенъ точно такъ-же, какъ и линейные спектры металловъ, образованные въ свѣтящемся азотѣ; но азотное сіяніе слѣдуетъ считать гораздо болѣе могущественнымъ средствомъ изслѣдованія спектровъ, чѣмъ обыкновенное пламя съ высокой температурой.

Почти во всей литературѣ, касающейся спектровъ, принято считать температуру мѣрой способности пламени развивать спектры, и, несомнѣнно, тотъ фактъ, что кислородно-ацетиленовое и кислородно-водородное пламя способны вы-

зывать больше спектральныхъ линій, чѣмъ обыкновенное Бунзенское, подтверждаетъ этотъ взглядъ. Но совокупность всѣхъ извѣстныхъ явленій сильно противорѣчитъ взгляду, что только теплота способна вызывать спектральныя линіи и полосы, и если мы его отбросимъ, то нѣтъ никакого основанія допускать, что число испускаемыхъ линій и полосъ зависитъ исключительно отъ температуры.

Разсматривая свѣченіе азота какъ пламя, способное развивать спектры, мы обладаемъ средствомъ для изслѣдованія спектровъ многочисленныхъ соединеній, которыя не были-бы въ состояніи перенести температуры обыкновеннаго пламени безъ разложенія. Къ тому-же спектры свѣченія выступаютъ гораздо рѣзче и богаче. Однохлористая мѣдь, которая даетъ спектръ въ Бунзенскомъ пламени, образуетъ тотъ-же спектръ, только съ большими подробностями, въ азотномъ сіяніи. Такія соединенія, какъ іодистая ртуть, которыя разлагаются мгновенно въ пламени Бунзенской горѣлки, даютъ въ азотномъ сіяніи неизвѣстные до сихъ поръ спектры. Изслѣдованіе цѣлой серіи такихъ спектровъ дастъ, вѣроятно, возможность сдѣлать весьма цѣнныя обобщенія.

Окись азота при смѣшеніи съ дѣятельнымъ азотомъ даетъ весьма странныя явленія. Образуется зеленоватое пламя со сплошнымъ спектромъ и, въ мѣстѣ встрѣчи обоихъ газовъ, развивается теплота. Чтобы убѣдиться, не образуется-ли при этомъ какой нибудь газъ, сжижаемый при -180^0, газы изъ реакціонной трубки протягивались въ *U*-образную трубку, охлаждаемую жидкимъ воздухомъ, причемъ сгущалось темно-синее вещество. Оно плавилось въ индиго-синюю жидкость, которая затѣмъ превратилась въ оранжевый газъ, растворимый въ щелочахъ. Эти превращенія доказываютъ, что образованное вещество было двуокисью азота.

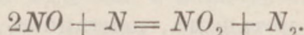
Здѣсь поразительно то, что реакція между азотомъ и окисью азота, вмѣсто того, чтобы раскислять послѣдній, окисляетъ его.

Естественно, могутъ возразить, что образованіе двуокиси азота обязано своимъ происхожденіемъ кислороду, который могъ случайно попасть въ окись азота, и не зависитъ отъ дѣятельнаго газа. Но я желаю обратить особенное

вниманіе на опытъ, который опровергаетъ возможность этого возраженія.

Дѣйствіе дѣятельнаго азота можно сразу устранить прекращеніемъ разряда. Прекративъ такимъ образомъ разрядъ въ установленномъ для опыта приборѣ, черезъ который пропускается равномѣрный токъ газа въ продолженіе 10 минутъ, я вынулъ *U*-образную трубку изъ жидкаго воздуха и послѣ исчезновенія на ней инея не замѣтилъ даже слѣда индиго-синей жидкости. Когда-же разрядъ былъ снова возстановленъ, то послѣ пропусканія тока газа въ теченіе 2 минутъ въ *U*-образной трубкѣ весьма рѣзко появилась индиго-синяя жидкость. Трубку можно было нагрѣть для удаленія образованнаго соединенія и начать опытъ снова. Во время цѣлой серіи такихъ опытовъ токъ газа, положеніе крановъ и т. д., однимъ словомъ абсолютно всѣ условія, оставались неизмѣненными.

Возможно, что здѣсь протекаетъ реакція по слѣдующей схемѣ



$$2NO + N = NO_2 + N_2.$$

Однако, я не настаиваю на этой формулѣ, а только на вышеизложенныхъ, вполнѣ опредѣленныхъ явленіяхъ.

Великолѣпное свѣченіе даютъ нѣкоторыя углеродныя соединенія, содержащія галоидъ; напримѣръ, іодистый этилъ даетъ лиловое свѣченіе. Послѣднее при спектроскопическомъ изслѣдованіи обнаруживаетъ блестящій спектръ ціана. Явленіе это служитъ доказательствомъ того, что дѣятельный азотъ разлагаетъ галоидопроизводныя углеводорода, вступая въ соединеніе съ его углеродомъ; іодъ при этомъ выдѣляется въ свободномъ состояніи и обнаруживается въ видѣ характернаго возгона при охлажденіи образованныхъ паровъ жидкимъ воздухомъ. Что происходитъ съ водородомъ, до сихъ поръ еще не выяснено.

Хлороформъ и четыреххлористый углеродъ даютъ тоже блестящій спектръ ціана. Въ этомъ случаѣ сіяніе кажется оранжевымъ, вслѣдствіе сравнительно большей яркости красной части ціановаго спектра. Хлоръ выдѣляется въ свободномъ видѣ и можетъ быть собранъ въ жидкомъ воздухѣ.

Лиловое ціановое сіяніе получается тоже при пропусканіи ацетилена. Вышеприведенный опытъ, въ которомъ

самъ ціанъ при тѣхъ-же условіяхъ даетъ такое-же свѣченіе, служитъ вѣскимъ подтвержденіемъ взгляда, что во всѣхъ изложенныхъ здѣсь опытахъ дѣятельный азотъ разлагаетъ углеродистое соединеніе, образуя съ углеродомъ послѣдняго ціанъ, спектръ котораго обнаруживается благодаря условіямъ, господствующимъ въ азотномъ свѣченіи.

Образованіе ціана было доказано еще болѣе прямымъ способомъ: во время опыта съ ацетиленомъ, прореагировавшіе газы сжимались жидкимъ воздухомъ и затѣмъ собирались посредствомъ Теплеровскаго насоса, затѣмъ онѣ взбалтывались съ растворомъ ѣдкаго кали для поглощенія ціана, на случай, если бы таковой образовался изъ ацетилена. Присутствіе въ этомъ растворѣ синеродистаго соединенія было доказано обильнымъ образованіемъ берлинской лазури, равнымъ образомъ какъ и желѣзистороданистой реакціей. Слѣдуетъ замѣтить, что кромѣ сжиженныхъ газовъ въ трубкѣ наблюдалось присутствіе чернаго смолистаго вещества.

Наконецъ, спектръ ціана получался при реакціи дѣятельнаго азота съ метаномъ, пентаномъ, этиленомъ, спиртомъ, эфиромъ и бензоломъ. Однако, въ этихъ случаяхъ спектръ ціана не выступаетъ такъ рѣзко, какъ прежде, и вѣроятно, не указываетъ главнаго направленія реакціи.

7. Заключеніе.

Въ этомъ изслѣдованіи установлены слѣдующіе факты:

1) Чистый азотъ, независимо отъ своего происхожденія, подвергается подъ вліяніемъ разряда съ конденсаторомъ извѣстному видоизмѣненію, характеризуемому тѣмъ, что газъ пріобрѣтаетъ свойство свѣтиться въ теченіе нѣкотораго времени послѣ того, какъ онъ оставилъ пространство, въ которомъ происходитъ разрядъ.

2) Свѣченіе, испускаемое во время возвращенія газа къ нормальному состоянію, ни въ чемъ не измѣняется, если удалить присутствующіе іоны. Оно ослабляется отъ нагрѣванія и усиливается отъ охлажденія. Это, повидимому, подтверждаетъ взглядъ, что свѣченіе вызвано возсоединеніемъ свободныхъ атомовъ въ молекулы [1]).

[1]) Съ этой точки зрѣнія молекулы азота подъ вліяніемъ электрическаго разряда распадаются на атомы. Взглядъ этотъ вполнѣ подтверждается наблю-

3) Видоизмѣненный азотъ дѣйствуетъ на желтый фосфоръ, соединяясь съ нимъ и одновременно превращая его избытокъ въ красный фосфоръ.

4) Онъ соединяется съ натріемъ и со ртутью при умѣренномъ нагрѣваніи, образуя въ послѣднемъ случаѣ взрывчатое соединеніе, причемъ въ обоихъ случаяхъ даетъ спектръ соотвѣтственнаго металла. Онъ даетъ также спектры и другихъ металловъ и, вѣроятно, соединяется съ ними.

5) Онъ даетъ полосатые спектры испаряемыхъ въ немъ соединеній, причемъ во многихъ случаяхъ даетъ спектры веществъ неспособныхъ вслѣдствіе своей малой устойчивости образовать спектры въ пламени Бунзенской горѣлки.

6) Онъ дѣйствуетъ весьма странно на окись азота съ образованіемъ двуокиси азота, т. е. болѣе окисленнаго продукта.

7) Онъ дѣйствуетъ на ацетиленъ и галоидопроизводныя органическихъ радикаловъ, выдѣляя галоидъ въ свободномъ видѣ, если таковой имѣется, и образуя съ углеродомъ ціанъ, присутствіе котораго доказано блестящимъ спектромъ ціана и прямыми химическими реакціями на ціанъ.

Я вполнѣ сознаю, что не далъ вамъ детальнаго изслѣдованія соединеній дѣятельнаго азота, котораго, пожалуй-бы, могли отъ меня ожидать. Но не слѣдуетъ забывать, что работа съ ничтожными количествами получаемыхъ продуктовъ весьма затруднительна, и это заставило меня пока отложить ихъ болѣе подробное изученіе. Кстати замѣчу здѣсь, что такъ-же мало до сихъ поръ сдѣлано по изученію продуктовъ, образуемыхъ озономъ.

Спектральныя данныя въ этой работѣ носятъ только общій и предварительный характеръ, точнымъ-же и продробнымъ изслѣдованіемъ упомянутыхъ здѣсь спектровъ посредствомъ фотографическаго метода я занятъ въ настоящее время совмѣстно съ проф. Фаулеромъ.

деніями Дж. Дж. Томсона, что въ разрядной трубкѣ, кромѣ молекулъ, всегда обнаруживаются и свободные атомы газа. („Физич. Обозр.“, № 1. 1912).

(*Прим. Редакціи*).

Научныя примѣненія безпроволочнаго телеграфа.

Э. Ротэ[1].

1. Морякамъ постоянно приходится опредѣлять мѣсто своего нахожденія, то есть свою долготу и широту. Широту легко найти по положенію свѣтилъ; долготу-же, напротивъ, можно опредѣлить только по разности двухъ угловъ.

Для опредѣленія долготы необходимо знать одновременно часъ даннаго мѣста и часъ главнаго меридіана, напримѣръ, Парижскаго. Мѣстный часъ узнаютъ по положенію небесныхъ тѣлъ, зато опредѣленіе часа главнаго меридіана является одной изъ самыхъ трудныхъ задачъ. Въ 1714 г. Англійскій парламентъ обѣщалъ 200.000 англійскихъ фунт. тому, кто укажетъ способъ опредѣленія этого часа съ точностью до двухъ минутъ. Одновременно Французскій регентъ въ свою очередь предлагалъ за рѣшеніе этой задачи 100.000 французскихъ ливровъ. Часовая промышленность отвѣтила на этотъ вызовъ часами Гариссона,—и это былъ первый отвѣтъ. Съ тѣхъ поръ коммерческія суда стали пользоваться точными хронометрами, которые устанавливаются въ Парижѣ.

Анкета 1907 г. показала, что большая часть судовъ можетъ получать электромагнитные сигналы съ башни Эйфеля. Однимъ изъ прекраснѣйшихъ научныхъ примѣненій безпроволочнаго телеграфа является въ настоящее время посылка часа начальнаго меридіана въ разныя части свѣта съ невѣданной до сихъ поръ точностью. Дѣйствительно, извѣстно, что электричество, какъ и свѣтъ, распространяется со скоростью 300.000 км. въ секунду. Значитъ, разстояніе въ 300 км. оно проходитъ въ одну тысячную долю секунды. Парижское бюро долготъ взяло на себя инициативу организаціи оповѣщенія часа и заручилось содѣйствіемъ Парижской астроно-

---

[1]) Лекція, прочитанная проф. E. Rothé въ Нанси, 15 мая 1911 г.

мической обсерваторіи; оно задалось цѣлью дать морякамъ возможность точно и удобно провѣрять свои хронометры. Бюро обезпечено двумя часами работы Леруа, показывающими среднее время и дающими въ опредѣленный моментъ контактъ, который приводитъ въ дѣйствіе релэ безпроволочнаго телеграфа. До сихъ поръ этотъ контактъ происходилъ ежедневно въ полночь и въ одиннадцать часовъ утра, кромѣ праздничныхъ дней. Одиннадцатичасовой сигналъ производился спеціально для метеорологическихъ станцій и для часовщиковъ, такъ какъ для нихъ полуночный часъ неудобенъ. Нѣмецкіе сигналы подаются Норддейчской станціей въ полдень и въ полночь по Гринвичскому времени. Но вслѣдствіе закона 10 марта 1911 г. [1]) Гринвичскій часъ сталъ нашимъ законнымъ часомъ. Чтобы избѣжать путаницы этихъ двухъ серій сигналовъ, начиная съ ночи съ 30-го іюня на 1-е іюля 1911 года французскіе сигналы подаются въ 10 ч. 45 мин. утра и въ 11 ч. 45 мин. вечера.

Точность оповѣщенія часа обезпечена особымъ соглашеніемъ, состоявшимся между различными астрономами, которые вносятъ необходимыя поправки къ ходу часовъ; въ часахъ Леруа поправка очень незначительна и производится накладываніемъ небольшихъ гирь безъ остановки хода часовъ. Эти часы идутъ при помощи гирь и спуска Грэма. Ихъ маятникъ сдѣланъ изъ инвара [2]), а чечевица изъ бронзы. Хотя они могутъ идти въ теченіе цѣлаго мѣсяца, но ихъ заводятъ черезъ каждые пятнадцать дней.

Посылка часового сигнала производится часами автоматически, благодаря слѣдующему приспособленію:

Пусть въ C (фиг. 1) будетъ ось минутнаго колеса (1 оборотъ въ часъ), въ F — ось секунднаго колеса (1 оборотъ въ минуту), а A — прыгушка, имѣющая 24 зубца. Приспособленіе, изображенное въ лѣвой части рисунка, предназначается для посылки по одному сигналу въ часъ, а въ правой части — для посылки сигнала въ 11 часовъ утра и въ полночь.

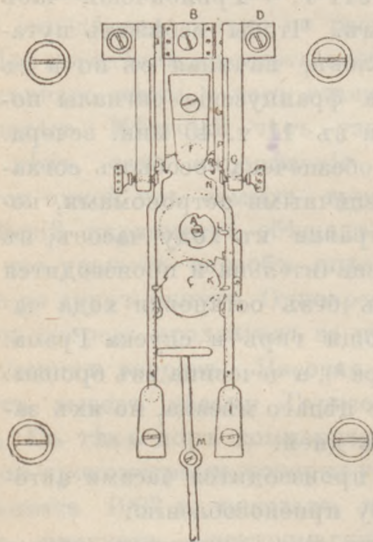
---

[1]) См. „Физическое Обозрѣніе“ 1911 г., стр. 286.

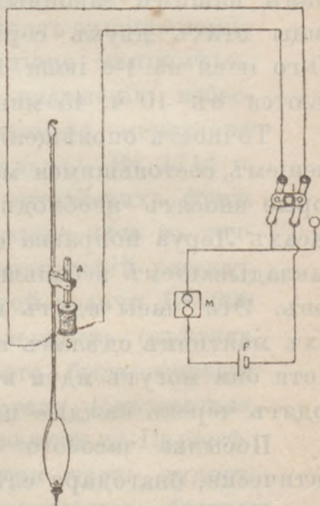
[2]) Инваръ есть сплавъ стали съ 36% никкеля; его коэффиціентъ расширенія очень малъ и составляетъ одну семнадцатую коэффиціента расширенія стали, равнаго 0,000011.

Часть механизма *B* имѣетъ пружину *G*, снабженную камнемъ *P*, который можно передвинуть пальцемъ на ось *F* секунднаго колеса. *D*—это изолированная часть, также имѣющая пружину, снабженную платиновымъ контактомъ *Q*, къ которому въ опредѣленный моментъ можетъ прикоснуться остріе *K*, укрѣпленное на пружинѣ *G*. Въ *J* сочленена стальная часть *H*, которая не допускаетъ дѣйствія механизма въ другіе промежутки времени, какъ только въ тринадцать и въ одиннадцать часовъ.

Выемки прыгушки *A* совпадаютъ съ 11 часами и полночью; выемки же колеса *C* совпадаютъ съ 0 минутъ, 2 мин., 4 мин. Когда камни *K* и *L* приподняты, то въ *F* нѣтъ кон-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

такта, но когда они опущены, то контактъ можетъ произойти, и ровно въ 11 часовъ 0 минутъ 0 секундъ сигналъ поступаетъ въ релэ.

Легко себѣ представить тѣ приспособленія, посредствомъ которыхъ можно заставить работать прерыватель станціи *F* и *L*. Часы Леруа очень легко поставить на данный часъ. На стержнѣ маятника находится магнитъ, помѣщенный противъ соленоида Въ *I* находится коммутаторъ батарейнаго тока *P*. Если одноименные полюсы магнита и соленоида

приходятся другъ противъ друга, то происходитъ отставаніе; въ противномъ случаѣ часы спѣшатъ. При силѣ тока въ 0 амперъ происходитъ опозданіе на одну секунду въ часъ (фиг. 2).

Въ настоящее время дѣлаютъ такую регулировку, которая даетъ возможность выиграть 1 секунду въ 30 минутъ. Благодаря коммутатору, по желанію, можно пользоваться, тѣми или другими часами.

Вотъ какимъ образомъ теперь производится посылка, напримѣръ, полуночнаго сигнала. Въ 11 ч. 25 м. вечера дежурный вступаетъ въ сношенія съ постомъ *F. L.* и предварительными опытами убѣждается, что линіи работаютъ правильно; въ 11 ч. 55 мин. 0 сек. онъ посылаетъ отъ руки рядъ длинныхъ черточекъ, соотвѣтствующихъ приблизительно одной секундѣ:

—— —— —— —— —— —— —— —— —— —— —— —— ——.

Въ 11 час. 55 мин. 55 сек. онъ прекращаетъ эту манипуляцію, а въ 12 час. 0 сек. 0 мин. часы автоматически посылаютъ свой первый сигналъ.

Въ 12 час. 2 мин. 0 сек. дежурный посылаетъ рядъ черточекъ, сопровождаемыхъ двумя точками, и это продолжается до 12 час. 1 мин. 55 сек.:

——..——..——..——..——..——..——..——..——..——..

Въ 12 час. 2 мин. 0 сек. часы посылаютъ свой второй сигналъ.

Наконецъ, въ 12 час. 3 мин. 0 сек. дежурный еще разъ посылаетъ черточки, сопровождаемыя четырьмя точками, и это продолжается до 12 час. 3 мин. 55 сек.:

——....——....——....——....——....——....——....——....

Въ 12 час. 4 мин. часы выключаются.

2. Мы имѣемъ еще другое, въ высшей степени интересное, примѣненіе безпроволочнаго телеграфа; оно состоитъ въ точномъ опредѣленіи долготъ по методу совпаденій съ приближеніемъ до нѣсколькихъ сотыхъ долей секунды. На станціяхъ *B* и *C*, разность долготъ которыхъ желаютъ опре-

дѣлить, устанавливаютъ пріемный постъ безпроволочнаго телеграфа съ телефономъ, который даетъ возможность слышать одновременно герцовскіе сигналы и удары точно установленнаго по мѣстному времени хронометра, помѣщеннаго вблизи микрофона. На промежуточной станціи A постъ отправленія посылаетъ серіями герцовскіе сигналы съ помощью часовъ, маятникъ которыхъ совершаетъ свои колебанія, напримѣръ, въ $1 + \frac{1}{100}$ секунды. Сдѣлаемъ для примѣра слѣдующій расчетъ. Допустимъ, что 1° наблюдатель въ B отмѣчаетъ совпаденіе на 37-й герцовской точкѣ какой-нибудь серіи, и что мѣстный хронометръ показываетъ въ это время 1 час. 20 мин. 10 сек.; 2° что наблюдатель въ C отмѣчаетъ совпаденіе на 43-й герцовской точкѣ, и что его часы показываютъ въ это время 1 час. 37 мин. 49 сек. Легко опредѣлить часъ въ C въ моментъ 37-й герцовской точки; онъ будетъ:

$$1 \text{ ч. } 37 \text{ м. } 49 \text{ с.} - (43-37)\left[1 + \frac{1}{100}\right] = 1 \text{ час. } 37 \text{ мин. } 42{,}94 \text{ сек.}$$

Вычтя отсюда время въ B, которое равно 1 час. 20 мин. 10 сек., мы получимъ разность часовъ, зная которую можно уже опредѣлить и разность долготъ.

3. Кромѣ того, теперь намѣреваются опредѣлить скорость распространенія электричества на большихъ разстояніяхъ, зная точно разстояніе между данными предѣльными двумя точками. Быть можетъ, число, найденное г. Блондло раньше и при иныхъ условіяхъ, окажется не совсѣмъ вѣрнымъ.

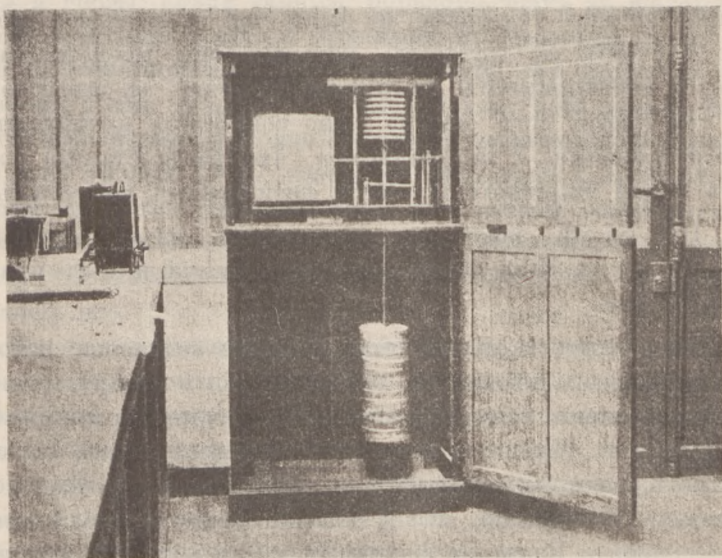
Въ самомъ дѣлѣ, условія значительно усложняются, когда вмѣсто хорошо извѣстнаго проводника, сдѣланнаго изъ металлической проволоки, придется имѣть дѣло съ совокупностью такихъ проводниковъ, какъ воздухъ, море и земля. Скорость, найденная при такихъ условіяхъ, вѣроятно, будетъ отличаться отъ той, которую даютъ измѣренія съ проволоками. Интересно будетъ сравнить между собой полученныя числа.

4. Теперь я хочу изложить вамъ вкратцѣ тѣ цѣли, которыми мы задались въ Нанси, а также сообщить вамъ, что

собственно побудило насъ заняться безпроволочнымъ телеграфомъ съ точки зрѣнія практическаго его примѣненія.

Въ февралѣ мѣсяцѣ прошлаго года г. Анго, директоръ, и г. Донжье, физикъ Центральнаго метеорологическаго бюро, предложили Физико-математическому факультету предпринять совмѣстно съ ними изслѣдованіе по распространенію грозъ и града между Парижемъ и Нанси. Для этого нужно было установить на обѣихъ станціяхъ по одинаковому барометру, который обладалъ бы большой точностью, не имѣлъ бы ни малѣйшей инерціи и съ достаточной чувствительностью отмѣчалъ бы измѣненія давленія въ тотъ самый моментъ, когда оно происходитъ.

Извѣстный конструкторъ Ришаръ построилъ для нашей станціи спеціальный вѣсовой барометръ анероидъ, снимокъ



Фиг. 3.

съ котораго помѣщенъ на фиг. 3-й. Въ обычный образецъ этого прибора были внесены нѣкоторыя измѣненія. Записывающій цилиндръ, имѣющій 30 см. въ діаметрѣ, можетъ вращаться съ различными скоростями, которыя измѣняются простымъ движеніемъ рычага. Такимъ образомъ на томъ же

листѣ бумаги можно получать суточныя и еженедѣльныя записи.

Чувствительность, которая обыкновенно равна 5 мм. на 1 мм. ртутнаго столба, можетъ быть доведена до 22 мм. на тотъ же 1 мм. Чаще будетъ дѣйствовать еженедѣльная запись и только въ нѣкоторыхъ спеціальныхъ случаяхъ, которые я укажу дальше, придется прибѣгать къ суточной записи, и тогда времена можно будетъ отсчитывать съ точностью до минуты, а отсюда вытекаетъ необходимость имѣть въ своемъ распоряженіи вполнѣ точное время.

Къ обыкновеннымъ постамъ безпроволочнаго телеграфа, къ постамъ по пріемкѣ часа и постамъ отвѣтвленія, мы прибавимъ еще особый приборъ, предупреждающій грозу и большую индукціонную станцію для изученія атмосферныхъ разрядовъ. Эти „паразиты“, какъ ихъ называютъ на языкѣ безпроволочнаго телеграфа, не были еще предметомъ серьознаго изученія, но интересъ, который они представляютъ, кажется неоспоримымъ. Съ другой стороны—въ безпроволочной телеграфіи есть еще не мало вопросовъ, нуждающихся въ изслѣдованіи, и мы надѣемся, что наша станція послужитъ и для изысканій по чисто физическимъ вопросамъ.

Но кромѣ этихъ теоретическихъ изслѣдованій мы имѣемъ еще въ виду болѣе непосредственную и болѣе практическую цѣль.

Многіе изъ васъ помнятъ ужасныя несчастья, которыя случились всего нѣсколько мѣсяцевъ тому назадъ съ нѣкоторыми смѣлыми воздухоплавателями, пилотами дирижаблей и авіаторами. Многихъ изъ этихъ случаевъ можно было бы избѣжать, если бы состояніе атмосферы было заранѣе и точно извѣстно. Не думаю, что я выдамъ секретъ, если скажу, что генералъ Рокъ, завѣдующій военнымъ воздухоплаваніемъ во Франціи, намѣренъ создать въ Шалонѣ станцію, подобную нашей въ Нанси, если только военная администрація доставитъ ему необходимыя средства. Когда Парижъ, Шалонъ и Нанси будутъ соединены безпроволочнымъ телеграфомъ, мы получимъ возможность предупреждать находящихся въ пути авіаторовъ о тѣхъ опасностяхъ, которыя они могутъ встрѣтить на своемъ пути.

Съ конца 1910 г. многіе ясные умы, среди которыхъ слѣдуетъ назвать инженера Арменго (младшаго) и г. Дюранъ-Гревиля, вице-предсѣдателя французскаго Астрономическаго общества, озабочены тѣми опасностями, которымъ подвергаются авіаторы. Дюранъ-Гревиль доказалъ своими работами, что часъ прохожденія полосы града надъ данною мѣстностью можно заранѣе опредѣлить, имѣя подъ рукою предварительныя наблюденія. Этотъ методъ былъ примѣненъ на практикѣ въ теченіе лѣта 1909 г во Франкфуртѣ на Майнѣ, гдѣ въ это время была воздухоплавательная выставка. Г-нъ Линке, директоръ физическаго института этого города, основываясь на томъ фактѣ, что градъ идетъ, какъ линіи стрѣлковъ, поручилъ приблизительно 150 лицамъ, находившимся на территоріи, имѣвшей въ діаметрѣ 150 км., телеграфировать ему о времени прохожденія надъ ними града и грозы; слѣдя такимъ образомъ шагъ за шагомъ за состояніемъ атмосферы и принимая во вниманіе идеи нашего соотечественника Дюранъ-Гревиля, онъ получилъ возможность точно указать тотъ часъ, когда гроза должна была пройти надъ Франкфуртомъ. Въ теченіе указаннаго сезона надъ городомъ прошло до 37 грозъ, но такъ какъ о приближеніи каждой изъ нихъ было извѣстно по крайней мѣрѣ за часъ до ея наступленія, то всегда была возможность поторопиться съ какимъ-нибудь полетомъ или же, напротивъ, отложить его.

Такимъ образомъ, благодаря станціи, которую мы предполагаемъ устроить, различныя спортивныя общества будутъ имѣть возможность получать самыя точныя свѣдѣнія о погодѣ на данный день и часъ.

Въ этомъ случаѣ будетъ дѣйствовать цилиндръ съ суточнымъ заводомъ. Станція будетъ въ состояніи давать также всѣ свѣдѣнія относительно направленія и силы вѣтра

Метеорологія пользуется вообще довольно плачевной репутаціей; этимъ она отчасти обязана тому, что публика, влюбленная въ солнце, желала бы, чтобы метеорологи по ея желанію останавливали дождь. Кромѣ того, требованія, предъявляемыя въ настоящее время къ метеорологіи, не ограничиваются измѣреніемъ температуры и количества выпавшихъ осадковъ; она должна слѣдить и за успѣхами

различныхъ областей физики. Ужасныя наводненія, которыхъ никто не предвидѣлъ и которыя привели въ отчаяніе земледѣльцевъ, а также опустошенія, которыя были произведены градомъ, обратили, наконецъ, вниманіе администраціи на роль и работы метеорологическихъ комиссій.

Теперь я возвращаюсь къ своей темѣ, отъ которой только что немного отклонился.

Докладчикъ по земледѣльческому бюджету, г. Фернандъ Давидъ, предложилъ устроить во Франціи службу для быстраго предсказанія погоды, но, за отсутствіемъ кредита, этотъ проектъ не былъ приведенъ въ исполненіе.

Я попрошу еще у васъ позволенія показать вамъ, что устройство такой службы не представляется вовсе ни невозможнымъ, ни слишкомъ дорогимъ; мнѣ хочется вкратцѣ познакомить васъ съ тѣмъ проектомъ, который былъ мною представленъ въ комиссію. Для примѣра возьму нашъ департаментъ. Главная станція въ Мёртѣ и Мозелѣ принадлежитъ Физико-математическому факультету, и ею завѣдуетъ г. Марсаль. Три раза въ день наблюденія обнародываются въ вестибюлѣ факультета; къ нимъ присоединяются еще еженедѣльныя кривыя, а равно и наблюденія другихъ обсерваторій департамента, по мѣрѣ ихъ поступленія. Нашъ префектъ былъ такъ любезенъ. что разрѣшилъ всѣмъ нашимъ сотрудникамъ сообщаться съ нами при его посредствѣ. Для того, чтобы сдѣлать эту службу очень быстрой, надо было бы только получать извѣстія не по почтѣ, а по телеграфу. Сверхъ того Эйфелева башня каждый день сообщаетъ намъ часъ по безпроволочному телеграфу. Такимъ же образомъ она могла бы послать намъ и „метеорологическій“ бюллетень, какъ это дѣлаетъ ежедневно станція въ Норддейчѣ, сигналы которой вы слышите сейчасъ. Конечно, всѣ большіе города Франціи, имѣющіе обсерваторію или университетъ, должны получить разрѣшеніе открывать свои станціи отправленія, дабы имѣть возможность быстро обмѣниваться соотвѣтственными наблюденіями.

Я знаю, милостивые государи, что касаюсь здѣсь очень труднаго вопроса. Междувѣдомственная комиссія по безпроволочному телеграфу, къ которой обращались съ ходатайствомъ о разрѣшеніи открыть станцію назначенія, еще

не издала по этому вопросу никакого распоряженія. Понятно, что, въ виду важности затрагиваемыхъ здѣсь интересовъ, подобныя разрѣшенія могутъ быть выдаваемы только съ очень большой осторожностью. Однако, было бы легко разрѣшить оффиціальныя станціи, которыя функціонировали бы только въ опредѣленные часы и которыя бы находились подъ постояннымъ контролемъ министерства почтъ и военнаго министерства. И я надѣюсь, что теперь, когда всѣ озабочены тѣмъ, какъ бы предохранить земледѣліе и авіацію отъ грозъ, града и порывовъ вѣтра, провинціи получатъ разрѣшеніе открыть станціи отправленія.

Таковы основныя научныя примѣненія, которыя въ настоящее время можно ожидать отъ безпроволочнаго телеграфа. Всѣ они имѣютъ въ виду охранять человѣческую жизнь и предупреждать бѣдствія, которыми намъ грозятъ стихійныя силы Будущее покажетъ, не были ли тщетны наши надежды и дѣйствительно ли открытіе Бранли, Попова, Маркони и ихъ послѣдователей содѣйствовало человѣческому благополучію.

P. S. 10 октября 1911 г. Физико-математическому факультету въ Нанси дано оффиціальное разрѣшеніе получать часовые сигналы, при условіи подчиненія регламенту 22 іюня 1911 г., въ которомъ указаны всѣ требованія, предъявляемыя управленіемъ почтъ и телеграфовъ. Кромѣ того, радіотелеграфная станція Эйфелевой башни посылаетъ ежедневно въ 10 час. 45 мин. утра уже въ теченіе нѣсколькихъ дней морскую депешу съ указаніемъ атмосфернаго давленія, направленія и силы вѣтра и состоянія моря для шести слѣдующихъ станцій: Рейкіавикъ (Исландія). Валенція (Ирландія), Уэссанъ (Франція), Ла-Коронь (Испанія), Горта (Ассорскіе острова), Сенъ-Пьеръ и Микелонъ (Америка).

Данныя первыхъ пяти станцій—это наблюденія того же дня въ 7 час. утра, данныя же послѣдней—это наблюденія, произведенныя наканунѣ въ 8 ч. вечера.

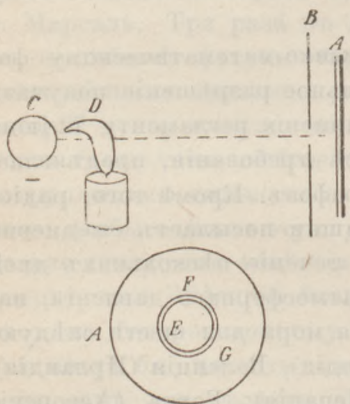
На основаніи этихъ сообщеній, передаваемыхъ въ цифрахъ по обычнымъ соглашеніямъ, дѣлаются краткія указанія объ общемъ состояніи атмосферы въ Европѣ и въ особенности о положеніи центровъ высокихъ и низкихъ давленій.

Нанси.

Опыты съ іонными потоками въ воздухѣ.

Д. С. Штейнберга.

На страницахъ „Физическаго Обозрѣнія“ [1]) въ числѣ другихъ опытовъ для демонстраціи іоннизаціи газовъ, описанныхъ Малеромъ, приведенъ, между прочимъ, опытъ обнаруживанія іоннаго потока посредствомъ электроскопическаго порошка на эбонитовой пластинкѣ. Опытъ состоитъ въ слѣдующемъ: „Эбонитовую пластинку, толщиной около 0,2 см. и діаметромъ около 20 см., оклеиваютъ сзади станіолемъ, протираютъ спиртомъ и проводятъ сквозь пламя спиртовой лампы, чтобы удалить съ нея зарядъ. Затѣмъ (фиг. 1) вырѣзываютъ въ большомъ листѣ B картона отверстіе діаметромъ приблизительно 0,6 см. Пламя свѣчи D помѣщается напротивъ отрицательнаго кондуктора C машины на разстояніи отъ него 2-хъ—3-хъ см., а картонный экранъ B перпендикулярно направленію CD на разстояніи 8 см. отъ D такъ, чтобы отверстіе экрана B приходилось на прямой CD. За экраномъ, на разстояніи нѣсколькихъ см. отъ него, помѣщается эбонитовая пластинка A, обращенная къ нему свободной стороной.



Фиг. 1.

Электрическую машину нѣкоторое время вращаютъ и одновременно, касаясь пальцемъ, отводятъ къ землѣ станіо-

[1]) А. Г. Успѣхи преподаванія физики въ нѣмецкой средней школѣ. Ф. О. 1911 г, № 2, стр. 93.

левую обкладку пластинки *A*. Проходящіе черезъ отверстіе экрана отрицательные іоны, направляясь къ станіолевой обкладкѣ, задерживаются пластинкой эбонита и сообщаютъ ей отрицательный зарядъ. Остановивъ электрическую машину, вынимаютъ пластинку и распыляютъ передъ нею на разстояніи приблизительно 30 см. электроскопическій порошокъ. На пластинкѣ получается рѣзко ограниченный кругъ *E* около 6 см. въ діаметрѣ, покрытый surикомъ".

Воспроизведя этотъ опытъ, видоизмѣняя его и изслѣдуя детали явленія зимою 1911—12 гг. въ Пермскомъ Научномъ Музеѣ вмѣстѣ съ сотрудниками Музея, мы пришли къ нѣкоторымъ результатамъ, которые ниже излагаемъ.

При первыхъ-же наблюденіяхъ мы замѣтили, что опыты одинаково хорошо удаются, если замѣнить сложную комбинацію пламени и шарика кондуктора просто остріемъ.

Мы знаемъ, дѣйствительно, что іонный потокъ съ острія отличается отъ іоннаго потока пламени только тѣмъ, что онъ образуется лишь при наличности потенціала на остріѣ не менѣе 4000 вольтъ [1]), тогда какъ іоны пламени существуютъ независимо отъ разности потенціаловъ на сосѣднихъ проводникахъ.

Первая серія опытовъ, описанныхъ ниже, демонстрируетъ тотъ фактъ, что движеніе іоновъ опредѣляется главнымъ образомъ не собственной ихъ инерціей, а направленіемъ силъ электрическаго поля, образующагося въ пространствѣ между остріемъ и экранами.

Опытъ 1. Если взять вмѣсто картоннаго экрана съ отверстіемъ такой-же листъ жести или другого проводящаго матеріала и соединить ихъ съ землей, то никакого потока черезъ отверстіе не пройдетъ, и электрическое пятно на эбонитѣ не получится. Достаточно даже проложить по картонному экрану тонкую металлическую проволоку, соединенную съ землей, чтобы потокъ іоновъ черезъ отверстіе прекратился. Опытъ 1-й показываетъ, что іоны съ острія направляются къ ближайшему кондуктору, соединенному съ землей.

Опытъ 2. Электрическая тѣнь. Если помѣстить въ отверстіи картона отрѣзокъ проволоки, уединенный отъ

---

[1]) Cp. Stark. Die Elektrizität in Gasen. Leipzig. 1902 г. p. 187.

земли, то пятно на экранѣ является какъ-бы перерѣзаннымъ черной полоской незаряженнаго эбонита, на которомъ не осѣдаетъ ни сурикъ, ни сѣрный цвѣтъ электроскопическаго порошка. То-же получается, если отверстіе закрыть рѣдкой металлической сѣткой. На экранѣ образуется какъ-бы тѣнь сѣтки въ увеличенномъ размѣрѣ.

Опытъ 3. Если соединить остріе посредствомъ металлической проволоки на очень короткое время (на $^1/_5$—$^1/_3$ сек.) съ кондукторомъ работающей электрофорной машины, то отпечатокъ іоннаго потока на эбонитѣ получается такого-же размѣра и формы, какъ отверстіе въ картонѣ.

Если удлинить время дѣйствія іоннаго потока на эбонитъ, присоединивъ остріе на болѣе продолжительное время къ машинѣ, то пятно расширяется во всѣ стороны одинаково, на 1—3 см., въ зависимости отъ разстоянія эбонитоваго экрана отъ отверстія въ картонѣ и другихъ условій. Наибольшаго размѣра (т. е. 5—7 см. въ діаметрѣ) пятно достигаетъ въ теченіе 2—3 секундъ, и больше уже не увеличивается. Этотъ опытъ показываетъ, что въ первыя мгновенія сѣченіе іоннаго потока на всемъ его протяженіи между экранами имѣетъ приблизительно одинаковую величину съ отверстіемъ въ картонѣ и лишь по мѣрѣ зaряженія центральныхъ частей эбонитовой пластинки онъ расширяется, захватывая все новыя и новыя концентрическія кольца, пока зарядъ на поверхности эбонита не достигнетъ достаточной величины, чтобы совершенно остановить потокъ іонновъ черезъ отверстіе въ картонѣ.

Опытъ 4. Если повторить опытъ 3-й, закрывши отверстіе сѣткой, то на эбонитѣ получается неувеличенное изображеніе тѣни сѣтки. Этотъ опытъ подтверждаетъ, что весь, или почти весь, іонный потокъ, выходящій изъ отверстія въ экранѣ, доходитъ до поверхности эбонита.

Болѣе точныя, чѣмъ въ опытѣ 3-мъ, данныя о скорости образованія и наростанія пятна отъ іоннаго потока мы получали методомъ движенія эбонитовой пластинки въ плоскости параллельной картонному экрану. Съ этой цѣлью эбонитовой пластинкѣ сообщалось движеніе съ помощью маятника.

Длина маятника была около метра, и при размахѣ менѣе 40 см. онъ дѣлалъ одно полное колебаніе въ теченіе 2-хъ сек. (60 колебаній въ теченіе 2 минутъ).

Эбонитовая пластинка, игравшая роль линзы маятника, отклонялась отъ положенія равновѣсія на большее или меньшее, каждый разъ измѣряемое, разстояніе, и отпускалась послѣ того, какъ электрофорная машина приводилась во вращеніе. При такихъ опытахъ слѣдъ іоннаго потока на эбонитовой линзѣ маятника имѣлъ видъ болѣе или менѣе широкой полосы въ зависимости отъ скорости движенія экрана мимо отверстія.

Продолжительность дѣйствія іоннаго потока на элементъ поверхности эбонита, прилегающій къ какой-либо линіи, идущей поперекъ полосы, опредѣляется временемъ, въ теченіе котораго этотъ элементъ пересѣкаетъ іонный потокъ.

Во всѣхъ опытахъ съ движеніемъ эбонита отверстію въ картонѣ придавалась форма квадрата, такъ что время пересѣченія іоннаго потока

$$t = \frac{a}{v},$$

гдѣ a сторона квадрата отверстія, а v скорость маятника.

Приведемъ цифры одного изъ многочисленныхъ опытовъ.

Амплитуда колебанія маятника $A = 30$ см., время полнаго колебанія $T = 2$ сек. Слѣдъ іоннаго потока имѣетъ видъ полосы одинаковой ширины въ 1 см. на всемъ протяженіи эбонитовой пластинки. Скорость движенія маятника близъ положенія равновѣсія

$$v_0 = \frac{2\pi A}{T},$$

и время дѣйствія іоннаго потока

$$t_0 = \frac{a}{v_0} = 0{,}012 \text{ сек.}$$

Въ другомъ опытѣ маятникъ прошелъ черезъ положеніе равновѣсія A (см. фиг. 2-ю, изображающую слѣдъ іоннаго по-



Фиг. 2.

тока), дошелъ до точки f и возвратился опять черезъ положеніе равновѣсія.

Амплитуда колебанія — 9 см. Ширина въ точкѣ A $cd = 1{,}6$ см.; въ $ab = 2{,}7$ см. Сѣченіе ab, находящееся близъ точки наибольшаго отклоненія маятника отъ положенія равновѣсія, іонный потокъ заряжалъ поверхность эбонита въ такое время, въ теченіе котораго маятникъ проходитъ путь $ef = 1$ см. и обратно, опредѣляемое по формулѣ:

$$t = \frac{2\sqrt{2A(ef)}}{v_0} = \frac{T\sqrt{2A(ef)}}{\pi A} = 0{,}28 \text{ сек.}$$

Фигура 3-я изображаетъ кривую наростанія пятна по даннымъ нѣсколькихъ опытовъ. Кривая показываетъ, что въ началѣ (а именно въ теченіе 0,15 сек.) іоны направляются и оставляютъ свои заряды на поверхности эбонита, равной просвѣту отверстія въ картонѣ; затѣмъ пятно быстро увеличивается и послѣ 2-й секунды ростъ его останавливается.

Фиг. 3.

Можно догадываться, что быстрое разростаніе пятна начинается съ того момента, когда образовавшійся вслѣдствіе дѣйствія электрическаго поля зарядъ на поверхности эбонита нейтрализуется зарядами іоновъ. Считая плотность поверхностнаго заряда на эбонитѣ приблизительно равной плотности индуцированнаго электричества на поверхности станіоля[1]), которымъ оклеенъ эбонитъ съ задней стороны, а эту послѣднюю опредѣляя по формулѣ плоскаго конденсатора $\sigma = \frac{E}{4\pi}$ и, зная по длинѣ искры приблизительно

[1]) Въ дѣйствительности плотность заряда на эбонитѣ меньше плотности заряда на станіолѣ въ отношеніи $\frac{K-1}{K} = 2:3$, гдѣ K діэлектрическая постоянная эбонита.

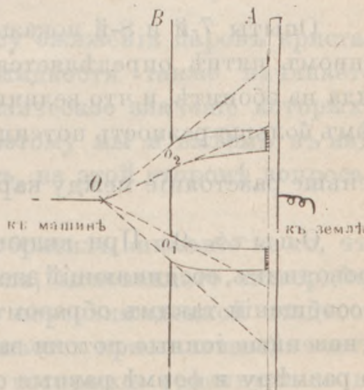
силу поля $E = 4000$ вольтъ на сантиметръ, получимъ: $\sigma = 1$ абсолютной электро-статической единицѣ, а также и количество электричества, передаваемое іонами на нейтрализуемую ими поверхность эбонита, $e = \sigma\ S = 1$ абс. э.-ст. ед.

А отсюда можемъ опредѣлить и силу тока, образуемаго движеніемъ іоновъ въ теченіе времени $t = 0{,}15$ сек.

$$J = \frac{e}{3 . 10^9 t} = 10^{-8} \text{ амперъ.}$$

Если при расчетѣ силы тока іоновъ принять во вниманіе время, въ теченіе котораго заряжается поверхность въ 30 кв. см., т. е. 2 сек., то получимъ величину силы тока приблизительно вдвое бо́льшую. Опыты 3-й и 4-й даютъ указанія на то, что линіи силъ электрическаго поля въ пространствѣ между картоннымъ и эбонитовымъ экранами идутъ перпендикулярно къ нимъ, что картонный экранъ и листъ станіоля, соединенный съ землей, играютъ роль плоскаго конденсатора. Отклоненіе іонныхъ потоковъ въ этомъ полѣ демонстрируется слѣдующимъ опытомъ.

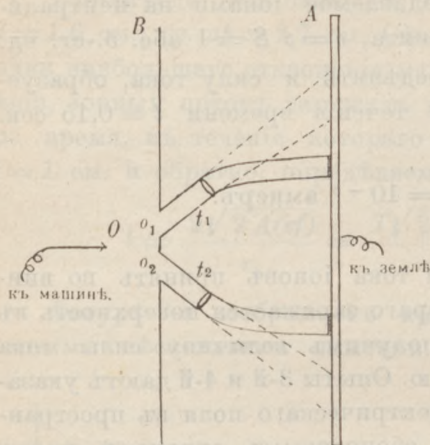
Опытъ 5. Въ картонномъ экранѣ B (фиг. 4) дѣлается два квадратныхъ (въ 1 см.) отверстія 0_1 и 0_2, одно выше другого на 3 см. Остріе 0, соединенное съ кондукторомъ электрофорной машины, направляется своимъ концомъ въ промежутокъ между отверстіями. Тогда при движеніи эбонитовой пластинки A на ней получаются слѣды дѣйствія двухъ іонныхъ потоковъ въ видѣ двухъ полосъ, равной ширины, идущихъ одна надъ другой на разстояніи немного большемъ, чѣмъ разстояніе между отверстіями въ картонѣ.



Фиг. 4.

Пунктирныя линіи на фигурѣ 4-й показываютъ, какъ двигались-бы іоны вслѣдствіе своей инерціи, сплошныя линіи – дѣйствительное движеніе іоновъ.

Опытъ 6. Еще убѣдительнѣе слѣдующій опытъ. На картонный экранъ B (фиг. 5) противъ отверстій 0_1 и 0_2 наклеиваются два отрѣзка каучуковыхъ трубокъ t_1 и t_2 съ просвѣтомъ 0,7 см., служащихъ для направленія іоныхъ потоковъ. Пунктиры показываютъ движеніе іоновъ по инерціи, сплошныя линіи — дѣйствительный путь ихъ вслѣдствіе отклоненія электрическимъ полемъ.



Фиг. 5.

Опытъ 7. Если удалить эбонитовый экранъ на разстояніе 15—20 см. отъ отверстія, то при прочихъ равныхъ условіяхъ іонное пятно получается очень слабое.

Опытъ 8. Если, не удаляя эбонитовый экранъ, уменьшить въ достаточной степени потенціалъ на остріѣ [1]), то получающееся іонное пятно едва замѣтно, и чтобы сдѣлать его виднымъ, необходимо помѣстить эбонитовый экранъ на разстояніи 0,5—1 см. отъ картона.

Опыты 7-й и 8-й показываютъ, что плотность заряда въ іонномъ пятнѣ опредѣляется поверхностной плотностью заряда на эбонитѣ, и что величина этой послѣдней тѣмъ больше, чѣмъ больше разность потенціаловъ острія и станіоля и чѣмъ меньше разстояніе между картономъ и станіолемъ $\left(\sigma = \frac{V}{4\pi d}\right)$.

Опытъ 9. При включеніи искрового промежутка въ проводникъ, соединяющій электрофорную машину съ остріемъ, и сообщеніи такимъ образомъ острію мгновенныхъ зарядовъ, мгновенные іонные потоки заряжаютъ эбонитъ и даютъ пятна по размѣру и формѣ равныя отверстію въ картонномъ экранѣ.

[1]) Въ этомъ опытѣ мы соединяли остріе съ проводомъ городской сѣти постояннаго тока съ напряженіемъ 220 вольтъ и пользовались іонными потоками пламени спиртовой лампы.

Этотъ опытъ указываетъ на возможность непосредственнаго измѣренія скорости іонныхъ потоковъ въ воздухѣ. Однако, попытки, сдѣланныя въ этомъ направленіи, не дали положительныхъ результатовъ: онѣ показали только, что при употреблявшихся напряженіяхъ поля (около 2000 вольтъ на сантиметръ) скорость іоновъ болѣе 200 см. въ секунду.

Въ заключеніе считаю своимъ долгомъ принести благодарность Совѣту Пермскаго Научнаго Музея, отнесшагося въ высшей степени сочувственно къ идеѣ „новыхъ опытовъ по физикѣ“ и предоставившаго для занятій необходимыя средства и помѣщеніе Музея.

Пермь, 1912 г.
Научный Музей.

О переохлажденіи.

Э. А. Малиновскаго.

При конденсаціи пересыщенныхъ паровъ съ несомнѣнностью выяснено вліяніе постороннихъ тѣлецъ на образованіе первыхъ капель жидкости; такими центрами ожиженія могутъ служить какъ частички твердыхъ тѣлъ, напримѣръ, мелкія пылинки, такъ и отрицательно заряженныя частички іонизованнаго газа.

Вполнѣ аналогично процессу ожиженія паровъ кристаллизація въ переохлажденной жидкости также начинается вокругъ отдѣльныхъ точекъ, физическое значеніе которыхъ, однако, не вполнѣ выяснено. Поэтому мы и имѣемъ въ виду остановиться, главнымъ образомъ, на этой сторонѣ вопроса о переохлажденіи.

Проф. Тамманнъ впервые обратилъ вниманіе на то, что, при отсутствіи готоваго кристалла, мгновеннаго затвердѣванія болѣе значительныхъ массъ переохлажденной жидкости никогда не происходитъ, а начинается кристаллизація всегда въ отдѣльныхъ точкахъ, число которыхъ сравнительно невелико. Обыкновенно около такого „произвольно“ появившагося кристаллическаго зародыша наростаютъ въ дальнѣйшемъ шаровыя поверхности изъ тонкихъ, радіально распо-

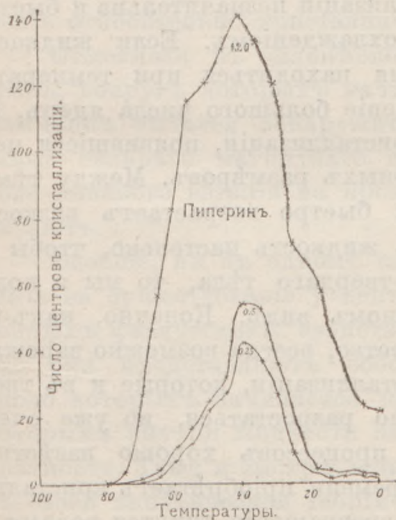
ложенныхъ иглъ кристалла. Иногда появляются отдѣльныя колонны, расходящіяся изъ одной точки; рѣже образуются въ этихъ точкахъ просто изолированные кристаллики. Но всегда мы имѣемъ дѣло съ ядромъ или центромъ, изъ котораго кристаллизація распространяется по всѣмъ направленіямъ. Число такихъ ядеръ, появляющихся въ переохлажденной жидкости въ единицу времени и въ единицѣ объема, представляетъ собой нѣкоторую характеристическую величину для каждаго вещества, зависящую отъ степени переохлажденія. Чѣмъ больше центровъ кристаллизаціи можетъ появиться въ жидкости, тѣмъ она способнѣе къ произвольной кристаллизаціи и тѣмъ вѣроятнѣе ея затвердѣваніе; для быстроты же перехода всей жидкой массы въ кристаллическое состояніе недостаточно еще большого числа центровъ кристаллизаціи, а необходимо, кромѣ того, чтобы кристаллизація могла передаваться отъ частички къ частичкѣ съ достаточной скоростью. Линейная скорость, съ которой перемѣщается въ переохлажденной жидкости граница между твердой и жидкой массой, обыкновенно называется скоростью кристаллизаціи. Эта скорость, въ свою очередь, зависитъ отъ степени переохлажденія, но зависимость ея иная, чѣмъ для числа центровъ кристаллилаціи. Вблизи точки плавленія она обыкновенно невелика, затѣмъ начинаетъ возрастать при пониженіи температуры и достигаетъ наибольшаго значенія для многихъ веществъ при переохлажденіи приблизительно на 15^0. Дальнѣйшее пониженіе температуры не вліяетъ на скорость кристаллизаціи до тѣхъ поръ, пока выдѣляющейся скрытой теплоты затвердѣванія хватаетъ на поднятіе температуры затвердѣвающей массы до точки плаванія. При еще большемъ охлажденіи скорость кристаллизаціи быстро падаетъ. Объясняется это тѣмъ, что при очень низкихъ температурахъ сильно возрастаетъ вязкость жидкости и уменьшается удобоподвижность ея частицъ.

При очень медленномъ наростаніи кристалловъ трудно замѣтить ихъ появленіе. Поэтому для опредѣленія числа ядеръ, возникающихъ при низкой температурѣ, гдѣ скорость кристаллизаціи незначительна, слѣдуетъ выдержать жидкость опредѣленное время при этой температурѣ, чтобы появились зародыши кристалликовъ, пока невидимые вслѣдствіе своей

малости; затѣмъ надо какъ можно скорѣе нагрѣть жидкость до такой температуры, гдѣ скорость кристаллизаціи значительна, а число могущихъ вновь зародиться ядеръ невелико. Такимъ образомъ мы будемъ наблюдать почти исключительно дальнѣйшее развитіе кристалликовъ, возникшихъ при низшей температурѣ.

Изъ многочисленныхъ изслѣдованій цѣлаго ряда веществъ, проф. Тамманнъ пришелъ къ заключенію, что число произвольно появляющихся центровъ кристаллизаціи всегда измѣняется въ зависимости отъ температуры по кривой, имѣющей ясно выраженный maximum.

Форма кривой слѣдующая: если откладывать на оси абсциссъ температуры, а на оси ординатъ число возникающихъ центровъ кристаллизаціи въ данномъ количествѣ жидкости за опредѣленный промежутоыъ времени, то съ пониженіемъ температуры кривая вначалѣ быстро поднимается, почти по прямой линіи, затѣмъ поднятіе уменьшается, достигаетъ максимальной высоты и при дальнѣйшемъ охлажденіи кривая такъ-же быстро падаетъ. Характерную кривую такого вида представляетъ ходъ кристаллизаціи пиперина; температура плавленія его 129°. Изслѣдовался онъ въ тонкихъ, запаянныхъ стеклянныхъ трубкахъ, небольшой емкости. Діаграмма (фиг. 1) заключаетъ 3 кривыя, для емкости трубки въ 1,2 см.³, 0,5 см.³ и 0,25 см.³. Температура максимума центровъ кристаллизаціи не зависитъ отъ размѣровъ трубокъ и количества пиперина; для всѣхъ трехъ кривыхъ максимумъ лежитъ около 40°. Замѣчателенъ тотъ



Фиг. 1.

фактъ, что число центровъ кристаллизаціи далеко не пропорціонально количеству жидкости; напр., кривая для 0,5 см.³ почти совпадаетъ съ кривой для 0,25 см.³. Время, въ теченіе котораго образовались зародыши, для всѣхъ трубокъ было одно и то же—10 минутъ.

При охлажденіи до 0⁰, т. е. при переохлажденіи на 129⁰, число центровъ кристаллизаціи падаетъ до нуля, т. е. вещество при этой температурѣ совершенно перестаетъ быть способнымъ къ кристаллизаціи; слѣдовательно, если быстрымъ охлажденіемъ (чтобы кристаллическіе зародыши не появились при промежуточныхъ температурахъ) перевести пиперинъ въ область температуръ ниже 0⁰, то въ дальнѣйшемъ кристаллизаціи уже не произойдетъ.

Поэтому изученіе способности жидкости къ образованію центровъ кристаллизаціи интересно и съ той точки зрѣнія, что позволяетъ намъ рѣшить вопросъ, возможно-ли получить данное веществъ въ аморфномъ видѣ.

Дѣйствительно, уже при той температурѣ, гдѣ число вновь появляющихся кристаллическихъ зародышей имѣетъ максимумъ, скорость кристаллизаціи незначительна и быстро убываетъ съ дальнѣйшимъ охлажденіемъ. Если жидкость будетъ очень короткое время находиться при температурахъ, допускающихъ зарожденіе большого числа ядеръ, то, вслѣдствіе малой скорости кристаллизаціи, появившіеся центры не разростутся до замѣтныхъ размѣровъ. Между тѣмъ, съ пониженіемъ температуры быстро возрастаетъ вязкость жидкости; если переохладить жидкость настолько, чтобы ея вязкость достигла вязкости твердаго тѣла, то мы и получимъ твердое тѣло въ аморфномъ видѣ. Конечно, какъ-бы скоро мы ни охлаждали вещество, всегда возможно зарожденіе немногихъ центровъ кристаллизаціи, которые и въ твердомъ тѣлѣ будутъ постепенно разростаться, но уже очень медленно; примѣры такихъ процессовъ хорошо извѣстны, напр, .стекло съ теченіемъ времени пріобрѣтаетъ кристаллическую структуру, хотя эти вревращенія тянутся годами.

Изъ разсмотрѣнія кривыхъ плавленія, проф. Тамманнъ находитъ, что ниже опредѣленной температуры аморфное состояніе должно быть даже устойчивѣе кристаллическаго; поэтому если мы доведемъ тѣло до этой температуры въ

аморфномъ видѣ, то хотя-бы оно и носило въ себѣ зародыши кристалловъ, дальнѣйшей кристаллизаціи не наступитъ.

Изъ 150 изслѣдованныхъ веществъ, проф. Тамманну удалось сохранить въ аморфномъ видѣ болѣе одной трети, остальныя переохлаждались на болѣе или менѣе продолжительное время; весьма вѣроятно, что при лучшихъ условіяхъ охлажденія удалось-бы всѣ безъ исключенія вещества получить въ аморфномъ видѣ.

Примѣсь растворимыхъ веществъ дѣйствуетъ весьма различно на образованіе центровъ кристаллизаціи, то повышая число ихъ, то совершенно препятствуя кристаллизаціи. Хотя самыя незначительныя количества примѣси очень сильно вліяютъ на число появляющихся ядеръ, однако, температура максимума ихъ не мѣняется. Такое-же вліяніе имѣютъ и различные порошки нерастворимыхъ веществъ, напр. стекла, наждака и т. п. Само собой напрашивается предположеніе, что твердыя частички станутъ центрами образованія кристалловъ, подобно дѣйствію ихъ при конденсаціи паровъ; однако, микроскопическое изслѣдованіе обнаружило, что твердые зернышки занимаютъ совершенно безпорядочное положеніе относительно кристаллическихъ центровъ.

Отыскивая въ дальнѣйшемъ физическое значеніе центровъ, вокругъ которыхъ начинается кристаллизація, проф. Тамманнъ пытался обнаружить на нихъ дѣйствіе свѣта, а также сильнаго магнитнаго поля; ни свѣтъ, ни магнитное поле никакого вліянія на процессъ кристаллизаціи не оказываютъ.

Вообще, ни въ одномъ случаѣ нельзя было найти указанія на существованіе у центровъ кристаллизаціи опредѣленныхъ физическихъ свойствъ; поэтому весьма возможно, что они представляютъ собой вполнѣ случайныя точки, около которыхъ начинается кристаллизація и распредѣленіе которыхъ внутри жидкости подчинено только законамъ вѣроятности. Такъ и смотритъ на центры кристаллизаціи Коппе въ своей кинетической теоріи переохлажденія. Разсмотримъ вкратцѣ основные выводы этой теоріи.

Предполагаемъ, что въ жидкостяхъ такъ-же, какъ и въ газахъ, молекулы движутся съ различными скоростями; пусть температура, отсчитанная по термометру, соотвѣт-

ствуетъ нѣкоторой средней живой силѣ движенія молекулъ; слѣдовательно, съ одной стороны, въ жидкости есть молекулы, обладающія большей энергіей движенія—для сокращенія будемъ называть ихъ „молекулами высшей температуры“, а съ другой—молекулы съ меньшей энергіей движенія, или „молекулы низшей температуры“, чѣмъ средняя. Если жидкость находится въ соприкосновеніи со своимъ кристалломъ, то молекулы достаточно низкой температуры, попавъ на поверхность кристалла, удерживаются на ней силой сцѣпленія и группируются въ видѣ кристаллическихъ частичекъ. Если-же нѣтъ готоваго кристалла, то образованіе перваго его зародыша требуетъ особенно счастливаго стеченія обстоятельствъ: необходимо, чтобы нѣсколько жидкихъ молекулъ, достаточно низкой температуры, встрѣтились при нѣкоторыхъ спеціальныхъ условіяхъ движенія, дозволяющихъ группировку ихъ въ кристаллическія частицы. По мѣрѣ пониженія общей температуры жидкости и увеличенія числа медленнѣе движущихся молекулъ, возрастаетъ вѣроятность, что такая встрѣча ихъ кончится соединеніемъ въ твердую частицу, тогда какъ при болѣе быстромъ движеніи онѣ опять могутъ распасться; подобный примѣръ диссоціацій и рекомбинацій мы имѣемъ въ газахъ. Но отсюда еще не слѣдуетъ, что съ пониженіемъ температуры вѣроятность кристаллизаціи все время будетъ увеличиваться, такъ какъ мы не знаемъ ни тѣхъ спеціальныхъ условій, при которыхъ возможно образованіе твердой частицы, ни зависимости ихъ отъ температуры. Появленіе въ жидкости кристалловъ различныхъ формъ, болѣе устойчивыхъ и менѣе устойчивыхъ, указываетъ на то, что при образованіи кристалла даннаго вида участвуютъ преимущественно молекулы, температуры которыхъ лежатъ между опредѣленными предѣлами. Дѣйствительно, когда относительно менѣе устойчивая фаза переходитъ въ болѣе устойчивую, происходитъ выдѣленіе теплоты; отсюда можно заключить, что средняя энергія движенія молекулъ неустойчиваго вида кристалловъ больше, чѣмъ устойчиваго, или что на образованіе кристалловъ неустойчиваго вида пошли главнымъ образомъ молекулы болѣе высокой температуры. Если еще принять во вниманіе, что каждое тѣло имѣетъ обыкновенно цѣлый рядъ кристал-

лическихъ модификацій, то тогда вполнѣ вѣроятно, что температуры молекулъ, участвующихъ въ образованіи какого-либо вида кристалла, должны лежать въ опредѣленныхъ предѣлахъ. Обозначимъ ихъ черезъ T_1 и T_2, а среднюю температуру жидкости черезъ T_0. Если T_1 и T_2 значительно меньше T_0, то число молекулъ, температуры которыхъ лежатъ между T_1 и T_2, тоже невелико (по закону Максвелл'а), и вѣроятность кристаллизаціи незначительна. При постепенномъ охлажденіи T_0 будетъ приближаться къ одному изъ предѣловъ T_1, T_2, вмѣстѣ съ тѣмъ будетъ увеличиваться число молекулъ температурнаго промежутка T_1, T_2; максимальнаго значенія оно достигнетъ, когда T_0 будетъ заключено между предѣлами T_1, T_2, и при дальнѣйшемъ охлажденіи станетъ убывать. Поэтому и вѣроятность кристаллизаціи будетъ наибольшей при пониженіи температуры жидкости до опредѣленныхъ предѣловъ, а въ дальнѣйшемъ она убываетъ; этотъ результатъ вполнѣ согласенъ съ наблюденіями проф. Тамманна.

Въ пользу кинетической теоріи переохлажденія говоритъ также совершенно случайное распредѣленіе въ жидкости центровъ кристаллизаціи, ихъ безпорядочное положеніе относительно частичекъ нерастворимыхъ примѣсей и полная инертность къ свѣтовымъ и магнитнымъ дѣйствіямъ. Такимъ образомъ въ явленіи произвольной кристаллизаціи мы имѣемъ, повидимому, дѣло съ самостоятельнымъ образованіемъ кристаллическихъ зародышей, безъ участія постороннихъ частичекъ, въ противоложность конденсаціи паровъ.

Кіевъ.

Практическія занятія по физикѣ въ средней школѣ.

25. Измѣреніе энергіи тока въ лампочкѣ накаливанія.

I. Теорія. Согласно закону Джауля и Ленца, количество тепла Q, выдѣляемое токомъ i въ проводникѣ съ сопротивленіемъ r въ теченіе t секундъ, выражается уравненіемъ

$$Q = \frac{1}{E} i^2 r t, \qquad (1)$$

въ которомъ E означаетъ механическій эквивалентъ тепла, если i, r и t соотвѣтственно выражены въ амперахъ, омахъ и секундахъ. По лучшимъ измѣреніямъ $E = 4{,}18 \times 10^7$ эрговъ на малую калорію или $E = 4{,}18$ джаулей на ту-же малую калорію.

Если въ ур. (1) произведеніе ir замѣнить на основаніи закона Ома черезъ соотвѣтственную электродвижущую силу e, ибо $i = \frac{e}{r}$, то

$$Q = \frac{1}{E} iet. \qquad (2)$$

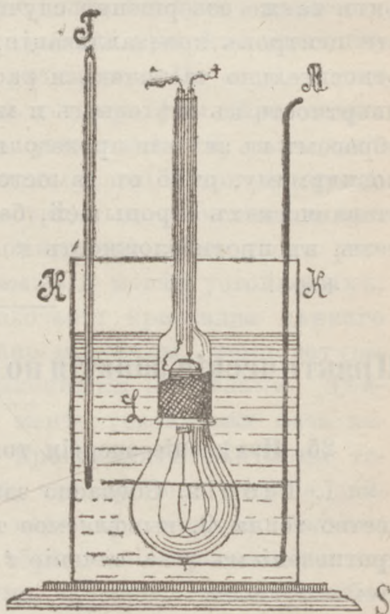
Но произведеніе ie есть ничто иное, какъ энергія W тока, а потому

$$Q = \frac{1}{E} . W . t, \qquad (3)$$

или

$$W = \frac{Q . E.}{t} \qquad (4)$$

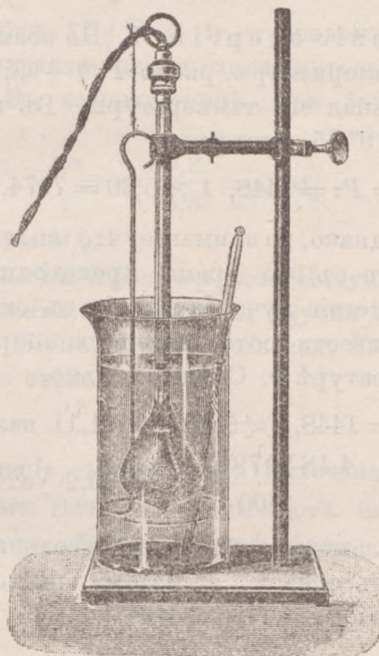
Такимъ образомъ, энергія тока можетъ быть измѣрена калориметрически; отсюда вытекаетъ очень простой способъ измѣренія количества энергіи, поглощаемой при горѣніи электрической лампочки накаливанія той или иной яркости, номинально выраженной въ свѣчахъ.



Фиг. 39.

2. Описаніе опыта. Расположеніе опыта показано на фиг. 39-й: K — есть калориметръ; L — испытуемая лампочка накаливанія; T — термометръ, раздѣленный по крайней мѣрѣ на десятыя доли градуса; M — мѣшалка; S — деревянная подставка калориметра, обклеенная сукномъ; + и — полюсы станціи или батареи, питающей данную лампу. Лампа L отличается отъ обыкновенной тѣмъ, что къ ея патрону

припаяны два проводника, изолированные другъ отъ друга и заключенные въ особую стеклянную трубку. Эта трубка отдѣляетъ питательные провода отъ воды въ калориметрѣ; къ лампочкѣ она примазывается на Менделѣевской замазкѣ или на сургучѣ. Вполнѣ готовыя (фиг. 40) для этого опыта лампы можно пріобрѣтать отъ E. Leybold's Nachfolger in Cöln a/Rh. по 8 марокъ за штуку, но, конечно, проще приготовить себѣ описанную здѣсь трубку, припаять 2 провод-



Фиг. 40.

ника къ обыкновенной лампочкѣ, стоющей отъ 30 коп. до 1 рубля, смотря по системѣ, и задѣлать ихъ въ трубку. Калориметръ долженъ быть настолько глубокимъ, чтобы лампочка и значительная часть изолирующей трубки были вполнѣ погружены въ воду.

3. Примѣръ. Опредѣленіе водяного эквивалента калориметра. Калориметръ и его мѣшалка сдѣланы изъ латуни; вода въ немъ подкрашена 0,2 гр. нигрозина, чтобы поглотить всѣ свѣтовые лучи и не выпустить

ихъ наружу. Такъ какъ водяной эквивалентъ калориметра P равенъ суммѣ произведенiй изъ вѣса составляющихъ его частей на соотвѣтственную удѣльную теплоту, т. е. $P = p_1 c_1 + p_2 c_2 + p_3 c_3 + \ldots$, то въ данномъ случаѣ при

вѣсѣ воды въ 1352 гр. и уд. теплотѣ ея 1,0012,
вѣсѣ латуни въ 877 гр. и уд. теплотѣ ея 0,093,
вѣсѣ стекла лампочки въ 68 гр. и уд. теплотѣ его 0,190,

$$P = 1448, 1 \text{ калорiи}.$$

4. Вычисленiе энергiи W. Но количество тепла Q, поступающее въ калориметръ, равно $P(\theta - \theta_0)$, если θ и θ_0 суть конечная и начальная его температуры. Въ нашемъ опытѣ $\theta = 24^0,65$ и $\theta_0 = 19^0,35$, поэтому

$$P(\theta - \theta_0) = P\tau = 1448, 1 \times 5,30 = 7674,93 \text{ кал.} \qquad (5)$$

Принимая, однако, во вниманiе, что опытъ продолжается 600 секундъ, и что въ это время происходитъ охлажденiе калориметра вслѣдствiе лучеиспусканiя въ окружающее пространство, нужно ввести соотвѣтственную поправку въ $+0^0,17$ къ высшей температурѣ θ. Слѣдовательно,

$$Q = 1448,1 \times 5,47 = 7921,11 \text{ кал.},$$

а

$$W = \frac{4,18 \times 7921,11}{600} = 55,2 \text{ уатта}.$$

Испытуемая лампочка была съ угольнымъ волокномъ на 16 нормальныхъ свѣчей, а потому расходъ электрической энергiи на одну свѣчу равенъ

$$\frac{55,2}{16} = 3,45 \text{ уатта}.$$

Имѣя въ своемъ распоряженiи точные амперметръ и вольтметръ, я измѣрилъ непосредственно i и e и нашелъ $i = 0,513$ ампера, $e = 108,8$ вольта; слѣдовательно, въ одну секунду

$$W = ei = 108,8 \times 0,513 = 55,8 \text{ уатта},$$

откуда расходъ энергiи на одну свѣчу равенъ

$$\frac{55,8}{16} = 3,49 \text{ уатта}.$$

Сравнивая это число съ предъидущимъ, находимъ, что ошибка равна приблизительно 1%; если же не сдѣлать поправки на охлажденіе калориметра въ $0^0,17$, то ошибка достигаетъ 4%.

Этотъ выводъ находится въ согласіи съ формулами (4 и 5), по которымъ максимальная относительная ошибка

$$\frac{\delta W}{W} = \frac{\delta Q}{Q} + \frac{\delta \tau}{\tau} = \frac{\delta P}{P} + \frac{\delta \tau}{\tau} + \frac{\delta t}{t};$$

такъ какъ ошибки $\delta P / P$ и $\delta\tau / \tau$ сравнительно ничтожны, то ошибка результата почти исключительно зависитъ отъ значеній $\delta\tau / \tau$. Въ самомъ дѣлѣ, при $\delta\tau = 0^0,2$ и $\tau = 5^0,3$ ошибка

$$\frac{\delta\tau}{\tau} = \frac{0,2}{5,3} = 0,04,$$

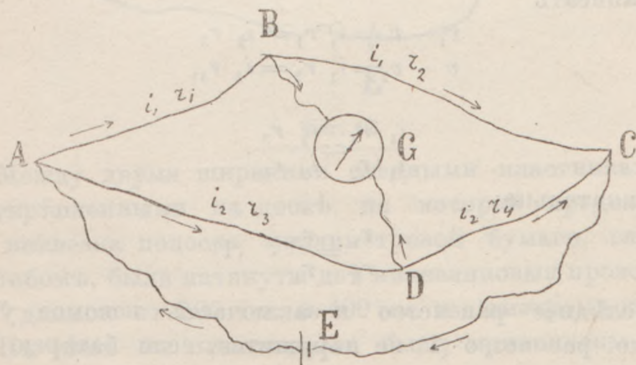
что и составляетъ 4%.

5. Стоимость приборовъ. Латунный калориметръ съ мѣшалкою стоитъ 2 р. 50 коп.; трубка для изоляціи лампочки у Усенко (Кіевъ, Фундуклеевская, 5)—60 коп.; термометръ у него же около 1 рубля. *Г. Де-Метцъ.*

---

26. Упражненіе съ мостикомъ Витстона.

I. Мостикомъ Витстона называютъ систему проводниковъ, имѣющую въ общемъ случаѣ форму четыреугольника



Фиг. 41.

ABCD (фиг. 41), одна изъ діагоналей котораго *AEC* соеди-

няетъ двѣ его вершины A и C съ полюсами батареи E, а другая BGD, которая собственно и называется мостомъ,—остальныя двѣ вершины его B и D съ зажимами гальванометра G. По этой послѣдней діагонали гальваническій токъ можетъ вообще течь по направленію отъ B къ D или отъ D къ B, смотря по тому, будетъ-ли потенціалъ точки B выше или ниже потенціала точки D. Но особенный интересъ представляетъ тотъ случай, когда потенціалы точекъ B и D равны, и когда, слѣдовательно, сила тока въ діагонали BD равна нулю. Нетрудно понять, что такой случай всегда возможенъ при нѣкоторомъ положеніи точекъ B и D на проводникахъ ABC и ADC. Дѣйствительно, такъ какъ на этихъ проводникахъ потенціалы падаютъ непрерывно и между одними и тѣми-же предѣлами, а именно потенціалами точекъ A и C, то, слѣдовательно, для любого положенія точки B на проводникѣ ABC всегда можно найти такое положеніе точки D на проводникѣ ADC, при которомъ потенціалъ точки D будетъ равенъ потенціалу точки B. Найдемъ, какому условію для этого должны удовлетворять составныя части разсматриваемой нами системы проводниковъ. Обозначивъ потенціалы въ точкахъ A и C чрезъ V_1 и V_2, общій (по условію) потенціалъ въ точкахъ B и D чрезъ V, силу тока въ проводникахъ ABC и ADC соотвѣтственно чрезъ i_1 и i_2, сопротивленія вѣтвей AB, BC, AD и DC послѣдовательно чрезъ r_1, r_2, r_3, r_4, на основаніи закона Ома можемъ написать

$$v_1 - v = i_1\ r_1 = i_2\ r_3$$
$$v - v_2 = i_1\ r_2 = i_2\ r_4,$$

откуда

$$\frac{i_1\ r_1}{i_1\ r_2} = \frac{i_2\ r_3}{i_2\ r_4},$$

или окончательно:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4}. \quad (1)$$

Послѣднее равенство и заключаетъ искомое условіе. Очевидно, равенство (1) не нарушится, если батарею помѣстить на мѣсто гальванометра, а гальванометръ—на мѣсто батареи. Если проводникъ ADC представляетъ однородную по всей своей длинѣ и одинаковаго поперечнаго сѣченія

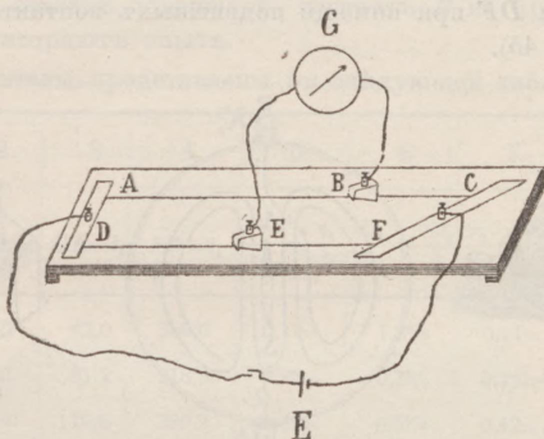
проволоку, то отношеніе сопротивленій $\frac{r_3}{r_4}$ можно замѣнить отношеніемъ длинъ отрѣзковъ AD и DC равныхъ l_1 и l_2; въ такомъ случаѣ

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{l_1}{l_2} \quad (2).$$

Упражненіе 1. Провѣрить на опытѣ зависимость $\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4}$ между сопротивленіями вѣтвей мостика Витстона.

Необходимые приборы: мостикъ Витстона, гальванометръ, подвижные контакты, элементъ Даніэля или аккумуляторъ, ключъ для замыканія тока, мягкіе толстые провода.

Мостикъ Витстона, служившій для этого упражненія, былъ устроенъ слѣдующимъ образомъ (фиг. 42)



Фиг. 42.

Между двумя широкими мѣдными пластинками AD и CF, укрѣпленными на доскѣ, на которой предварительно была наклеена полоска миллиметровой бумаги, служившая масштабомъ, были натянуты двѣ никкелиновыя проволоки AC и DF длиною въ 500 мм. и 400 мм. и діаметромъ въ 0,3 мм.

Къ тѣмъ же пластинкамъ были привинчены зажимы для соединенія прибора съ элементомъ (или гальванометромъ).

Гальванометръ, какъ для этого упражненія, такъ и для остальныхъ, достаточно взять самаго простого устройства,

напр. гальванометръ Гримзеля. (Фиг. 43 и 44). Такой гальванометръ можно выписать отъ Крюсса изъ Гамбурга, но легко изготовить и домашними средствами слѣдующимъ образомъ. Два тонкихъ деревянныхъ кружка діаметромъ въ 8 см., въ одномъ изъ которыхъ выпиливается отверстіе для помѣщенія небольшой буссоли NS (діаметръ около 3 см.), соединяютъ между собою двумя деревянными полуцилиндрами высотою около 1 см. при помощи мѣдныхъ винтовъ.

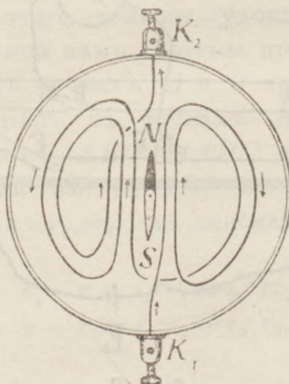
Предварительно вокругъ этихъ полуцилиндровъ (послѣ прикрѣпленія ихъ къ одному изъ кружковъ) навиваютъ около 18 оборотовъ изолированной мѣдной проволоки (звонковой) діаметромъ въ 1 мм. такъ, какъ указано на фигурѣ 44-й.

Концы этой проволоки присоединяютъ къ зажимамъ K_1 и K_2, находящимся на верхнемъ деревянномъ кружкѣ.

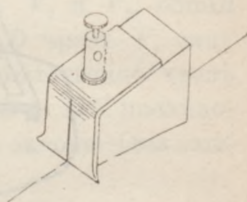
Гальванометръ G включается въ цѣпь между проволоками AC и DF при помощи подвижныхъ контактовъ E и B (фиг. 42 и 45).



Фиг. 43.



Фиг. 44.



Фиг. 45.

Подвижные контакты (фиг. 45) представляютъ изъ себя свинцовые бруски (3 см. $\times$ 2 см. $\times$ 2 см.), къ которымъ привинчены изогнутыя подъ прямымъ угломъ мѣдныя пластинки съ зажимами. На нижней сторонѣ этихъ брусковъ по длинѣ ихъ выпиливаются напильникомъ дорожки для того, чтобы мѣстами контакта ихъ съ проволоками AC и DF служили лишь тѣ мѣста, гдѣ этихъ проволокъ касаются мѣдныя пластинки. Свинцовые бруски въ нижней части покрываются растворомъ сургуча въ спиртѣ.

Наиболѣе простымъ ключомъ для замыканія тока является обыкновенная кнопка, употребляемая при электрическихъ звонкахъ.

Порядокъ работы слѣдующій:

1. Составляютъ цѣпь изъ элемента, ключа и проводовъ.

2. Присоединивъ къ гальванометру подвижные контакты, устанавливаютъ гальванометръ такъ, чтобы обороты проволоки въ его обложкѣ, ближайшіе къ магнитной стрѣлкѣ, были параллельны послѣдней.

3. Помѣстивъ подвижной контактъ B на какомъ-нибудь дѣленіи проволоки AC, второй контактъ E перемѣщаютъ по проволокѣ DF до тѣхъ поръ, пока не достигнутъ такого его положенія, при которомъ стрѣлка гальванометра не будетъ оставаться неподвижной во время замыканія тока.

4. Измѣривъ соотвѣтствующіе этому случаю отрѣзки AB и DE, ставятъ подвижной контактъ B на другомъ дѣленіи и повторяютъ опытъ.

Результаты представлены въ слѣдующей таблицѣ:

1	2	3	4	5	6	7	8
$AB=l_1$	$BC=l_2$	$DE=l_3$	$EF=l_4$	$\frac{r_1}{r_2}=\frac{l_1}{l_2}$	$\frac{\delta l_1}{l_1}+\frac{\delta l_2}{l_2}$	$\frac{r_3}{r_4}=\frac{l_3}{l_4}$	$\frac{\delta l_3}{l_3}+\frac{\delta l_4}{l_4}$
50	450	42,0	358,0	0,1111	1,2%	0,1173	5,4%
100	400	81,2	318,8	0,2500	0,7%	0,2547	3,1%
150	350	119.8	280,2	0,4286	0,5%	0,4275	3,0%
200	300	159,3	240,7	0,6767	0,5%	0,6618	2,1%
250	250	200,0	200,0	1,000	0,4%	1,000	2,0%
300	200	240,8	159,2	1,500	0,5%	1,518	2,1%
350	150	281,6	118,4	2,333	0,5%	2,378	2,4%
400	100	320,0	80,0	4,000	0,7%	4,000	3,1%
450	50	360,2	39,8	9,000	1,2%	9,050	5,6%

Для сокращенія, въ колоннѣ (3), содержащей значенія l_3, приведены лишь среднія значенія изъ 4-хъ наблюденій. Абсолютныя ошибки при измѣреніи l_1 и l_2 не превосходили

0,5 мм., а при измѣреніи l_3 и l_4 — 2 мм. Принимая во вниманіе относительныя погрѣшности при вычисленіи $\frac{l_1}{l_2}$ и $\frac{l_3}{l_4}$, приведенныя въ колоннахъ (6) и (8), убѣждаемся, что въ предѣлахъ ошибокъ получается полное согласіе между теоріей и непосредственнымъ наблюденіемъ.

II. Равенства (1) и (2) могутъ служить для опредѣленія одного изъ входящихъ въ нихъ сопротивленій, напр. $r_1 = x$, если извѣстно другое r_2 и отношеніе $\frac{r_3}{r_4}$ или $\frac{l_1}{l_2}$. Изъ этихъ равенствъ находимъ:

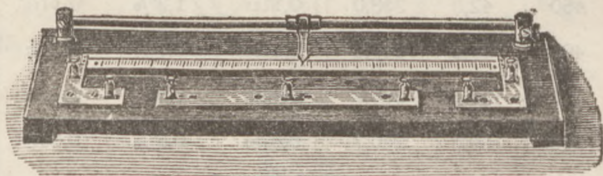
$$x = r_2 \cdot \frac{r_3}{r_4} \quad (3) \quad \text{или} \quad x = r_2 \cdot \frac{l_1}{l_2} \quad (4).$$

Послѣднимъ изъ нихъ (4) мы и будемъ пользоваться для опредѣленія сопротивленій въ дальнѣйшихъ упражненіяхъ.

Упражненіе 2. Провѣрить зависимость сопротивленія проволоки отъ ея длины.

Необходимые приборы: мостикъ Витстона; катушки съ проволокой разной длины или длинная проволока, натянутая на доскѣ между зажимами; гальванометръ; магазинъ сопротивленій; элементъ; ключъ; провода.

Мостикомъ Витстона для этого и всѣхъ послѣдующихъ упражненій служилъ мостикъ, изготовляемый фирмой Мейзеръ и Мертигъ (фиг. 46).



Фиг. 46.

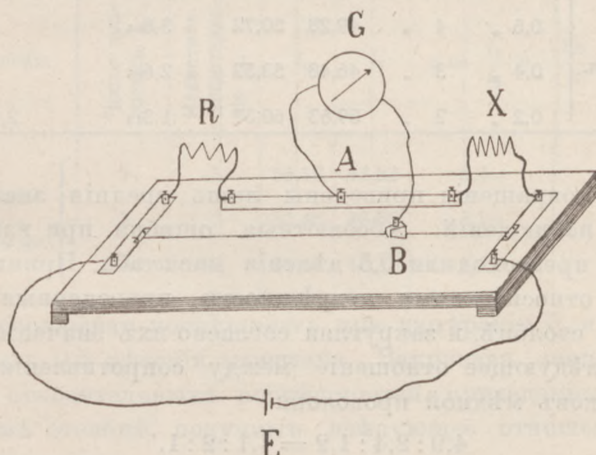
Длина прямолинейной проволоки въ этомъ мостикѣ равна 32 см.; подъ проволокой расположенъ масштабъ съ дѣленіями въ 0,32 см.

Нетрудно, однако, изготовить вполнѣ удовлетворительный мостикъ и домашними средствами. Для этого (фиг. 47) къ доскѣ (55 см. $\times$ 18 см.) привинчиваютъ, какъ указано на чертежѣ, три мѣдныхъ пластинки: одну съ 3 зажимами (40 см. $\times$ 2 см.) и двѣ другихъ съ 2 зажимами каждая

(12 см. × 2 см.) Между послѣдними пластинками надъ миллиметровой шкалой натягиваютъ манганиновую или никкелиновую проволоку длиною въ 50 см. и діаметромъ въ 0,5 мм. Концы этой проволоки защемляютъ при помощи двухъ небольшихъ мѣдныхъ пластинокъ и винтовъ. Гальванометръ включаютъ въ цѣпь между зажимомъ *A* и подвижнымъ контактомъ *B*, описаннымъ выше.

Недорогой магазинъ сопротивленій можно выписать отъ Товарищества Физико-Химикъ въ Кіевѣ.

Для упражненія были взяты три куска мѣдной изолированной проволоки длиною въ 8 метровъ, въ 4 метра и въ 2 метра, діаметромъ въ 0,17 мм., навитые на катушки отъ нитокъ, а также никкелиновая проволока, длиною въ 1 метръ, діаметромъ въ 0,29 мм., натянутая на доскѣ между двумя зажимами. Различныя части послѣдней включались въ цѣпь при помощи подвижного контакта.



Фиг. 47.

Порядокъ работы слѣдующій:

1. Включивъ въ одну вѣтвь мостика извѣстное сопротивленіе r_2 изъ магазина сопротивленій, а въ другую — искомое x, передвигаютъ подвижной контактъ до тѣхъ поръ, пока при замыканіи тока стрѣлка гальванометра не будетъ оставаться неподвижной.

2. Измѣряютъ разстояніе подвижного контакта отъ концовъ проволоки мостика l_1 и l_2 и повторяютъ опытъ нѣсколько разъ.

3. Сравниваютъ отношеніе длинъ взятыхъ для опыта кусковъ проволоки съ ихъ сопротивленіями.

Результаты представлены въ слѣдующей таблицѣ.

Проволоки.	Длина проволоки.	Извѣстное сопротивленіе r_2.	l_1	l_2	$x = \frac{l_1}{l_2} r_2$	$\frac{\delta x}{x} = \frac{\delta l_1}{l_1} + \frac{\delta l_2}{l_2}$
Мѣдная діам. 0,17 мм.	8 м.	4 ома.	54,82	45,18	$4,8_{53}$	2%
	4 „	2 „	54,60	45,40	$2,4_{05}$	„
	2 „	1 „	54,12	45,88	$1,1_{80}$	„
Никкелиновая діам. 0,29 мм.	1 „	5 „	56,18	43,82	$6,4_{10}$	2%
	0,8 „	5 „	50,80	49,20	$5,1_{62}$	„
	0,6 „	4 „	49,28	50,72	$3,8_{86}$	„
	0,4 „	3 „	46,48	53,52	$2,6_{05}$	„
	0,2 „	2 „	39,63	60,37	$1,3_{13}$	2,1%

Для сокращенія приведены лишь среднія значенія l_1 изъ 4-хъ наблюденій. Абсолютныя ошибки при измѣреніи l_1 и l_2 не превосходили 0,5 дѣленія масштаба. Принимая во вниманіе относительныя погрѣшности, приведенныя въ послѣднемъ столбцѣ, и закругляя согласно ихъ значенія x, получимъ слѣдующее отношеніе между сопротивленіями взятыхъ кусковъ мѣдной проволоки

$$4{,}9 : 2{,}4 : 1{,}2 = 4{,}1 : 2 : 1.$$

Отношеніе же между длинами этихъ кусковъ

$$8 : 4 : 2 = 4 : 2 : 1.$$

Подобнымъ же образомъ находимъ отношеніе между сопротивленіями различныхъ частей никкелиновой проволоки:

$$6{,}4 : 5{,}2 : 3{,}9 : 2{,}6 : 1{,}3 = 4{,}9 : 4 : 3 : 2 : 1.$$

Отношеніе же длинъ этихъ частей

$$1 : 0{,}8 : 0{,}6 : 0{,}4 : 0{,}2 = 5 : 4 : 3 : 2 : 1.$$

Такимъ образомъ убѣждаемся, что въ предѣлахъ ошибокъ сопротивленіе проволоки прямо пропорціонально ея длинѣ [1]).

Упражненіе 3. Провѣрить зависимость сопротивленія проволоки отъ площади поперечнаго ея сѣченія. Необходимые приборы: мостикъ Витстона; узкая доска длиною 1,4 метра съ двумя зажимами, между которыми можно зажимать параллельно одну, двѣ и болѣе проволокъ; гальванометръ, магазинъ сопротивленій, элементъ, ключъ, провода.

Порядокъ работы тотъ-же, какъ и въ предыдущемъ упражненіи, только въ концѣ работы сравниваютъ сопротивленія не съ длиной проволоки, а съ площадью поперечнаго сѣченія, которую можно считать пропорціональной числу параллельно включаемыхъ проволокъ.

Результаты четырехъ наблюденій представлены въ слѣдующей таблицѣ:

Проволоки.	Число проволокъ.	Извѣстное сопротивленіе r_2.	l_1	l_2	$x = \frac{l_1}{l_2} r_2$	$\frac{\delta x}{x} = \frac{\delta l_1}{l_1} + \frac{\delta l_2}{l_2}$
Никкелиновая діам. 0,29 мм.	1	5	56,18	43,82	$6,4_{10}$	2%
	2	3	51,45	48,55	$3,1_{79}$	"
	3	2	51,67	48,33	$2,1_{38}$	"

Абсолютная погрѣшность при измѣреніи l_1 и l_2 не превосходила 0,5 дѣленія масштаба. Закругляя значенія x согласно относительныхъ погрѣшностей, приведенныхъ въ послѣднемъ столбцѣ, получимъ слѣдующее отношеніе между сопротивленіями

$$6{,}4 : 3{,}2 : 2{,}1 = 1 : 0{,}5 : 0{,}33.$$

Найдемъ теперь обратное отношеніе между площадями поперечныхъ сѣченій группы включенныхъ проволокъ

$$\frac{1}{1} : \frac{1}{2} : \frac{1}{3} = 1 : 0{,}5 : 0{,}33.$$

[1]) Необходимо замѣтить, что повѣрка изложеннаго закона сопротивленія описаннымъ пріемомъ лишь косвенная, такъ какъ самъ пріемъ уже основанъ на этомъ законѣ.

Такимъ образомъ, сопротивленіе проволоки обратно-пропорціонально площади ея поперечнаго сѣченія.

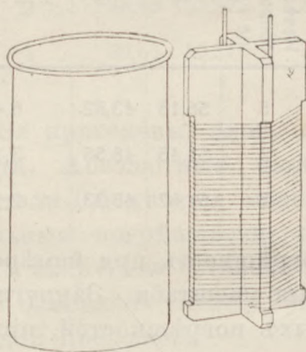
Упражненіе 4. Провѣрить зависимость сопротивленія проволоки отъ ея температуры и опредѣлить ея температурный коэффиціентъ.

Между сопротивленіемъ проволоки r_t при температурѣ t^o и ея сопротивленіемъ r_o при температурѣ 0^o существуетъ зависимость, выражаемая приблизительно уравненіемъ

$$r_t = r_o\,(1 + \alpha t),$$

въ которомъ α есть нѣкоторый коэффиціентъ, называемый температурнымъ коэффиціентомъ. Температурный коэффиціентъ при неособенно большихъ измѣненіяхъ температуры можно считать числомъ постояннымъ, равнымъ почти для всѣхъ чистыхъ металловъ приблизительно 0,004.

Необходимые приборы: мостикъ Витстона; изслѣдуемая проволока, намотанная на крестообразно сложенныя тонкія дощечки (фиг. 48); цинковый (или жестянный) сосудъ



Фиг. 48.

(15 см. $\times$ 9 см.[1]), водяная ванна, парафиновое масло или керосинъ; гальванометръ; магазинъ сопротивленій; элементъ, ключъ, провода.

Порядокъ работы слѣдующій:

1. Составляютъ обычнымъ образомъ соединенія приборовъ въ мостикѣ, причемъ изслѣдуемая проволока помѣ-

[1]) Такимъ сосудомъ можетъ служить банка отъ какао, надо только ее запаять по швамъ.

щается въ цинковый сосудъ съ масломъ (керосиномъ или водой).

2. Нагрѣваютъ масло (медленно и непрерывно помѣшивая) до температуры, при которой желаютъ опредѣлить сопротивленіе проволоки.

3. Поддерживая эту температуру нѣкоторое время неизмѣнной, опредѣляютъ сопротивленіе проволоки.

4. Повторяютъ измѣренія при другихъ температурахъ.

Результаты четырехъ наблюденій представлены въ слѣдующей таблицѣ:

Температура.	Сопротивленіе проволокъ.			$\alpha = \frac{r_t - r_0}{r_0 t}$ для проволоки:		
	Мѣдной.	Желѣзной.	Манганиновой.	Мѣдной.	Желѣзной.	Манганиновой.
0°	2,175	4,658	19,11	—	—	—
10°	2,261	4,850	„	$0{,}0039_{54}$	$0{,}0041_{22}$	0
20°	2,348	5,055	„	$0{,}0039_{77}$	$0{,}0042_{61}$	„
30°	2,435	5,242	„	$0{,}0039_{84}$	$0{,}0041_{79}$	„
40°	2,515	5,458	„	$0{,}0039_{08}$	$0{,}0042_{94}$	„
50°	2,608	5,742	„	$0{,}0039_{82}$	$0{,}0046_{59}$	„
60°	2,695	5,987	„	$0{,}0039_{85}$	$0{,}0047_{55}$	„
70°	2,785	6,238	„	$0{,}0040_{07}$	$0{,}0048_{46}$	„
80°	2,878	6.526	„	$0{,}0040_{40}$	$0{,}0050_{13}$	„
90°	2,969	6,752	„	0.0040_{56}	$0{,}0049_{95}$	„

Максимальныя погрѣшности при измѣреніи сопротивленій были того же порядка, что и въ предыдущихъ упражненіяхъ, т. е. около 2%. Того же порядка максимальная погрѣшность при измѣреніи α, а потому въ окончательномъ результатѣ достаточно удержать лишь 2 значущихъ цифры.

Упражненіе 5. Опредѣлить удѣльное сопротивленіе какого-нибудь металла.

Удѣльнымъ сопротивленіемъ металла обыкновенно называютъ сопротивленіе стержня проволоки, приготовленнаго

изъ этого металла въ 1 метръ длиною и въ 1 кв. мм. площади поперечнаго сѣченія.

Обозначая удѣльное сопротивленіе какого-нибудь металла чрезъ k, на основаніи законовъ сопротивленій имѣемъ уравненіе

$$r = k \, . \, \frac{l}{s} \qquad (1),$$

въ которомъ r обозначаетъ сопротивленіе стержня, приготовленнаго изъ этого металла, въ l метровъ длины и въ s кв. мм. площади поперечнаго сѣченія. Если сѣченіе стержня плоскостью, перпендикулярною къ его длинѣ, представляетъ кругъ діаметра d, то уравненіе (1) можно замѣнить уравненіемъ

$$r = \frac{k\,l}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{4\,k\,l}{\pi\,d^2}.$$

Изъ послѣдняго уравненія находимъ

$$k = \frac{\pi\,r\,d^2}{4\,l}.$$

Необходимые приборы: тѣ же, что и во 2-мъ упражненіи.

Результаты работы представлены въ слѣдующей таблицѣ:

Проволоки.	Температура.	d мм.	l м.	r омъ.	k	$\frac{\delta k}{k} = \frac{\delta r}{r} + \frac{2\delta d}{d} + \frac{\delta l}{l}$
Мѣдная	15°	0,335	24,90	4,325	$0{,}015_{31}$	< 4%
Желѣзная . . .	20°	0,330	3,89	5,055	$0{,}11_{11}$	„
Манганиновая .	15°	0,235	4,00	38,62	$0{,}41_{88}$	„
Никкелиновая .	15°	0,290	1,00	6,41	$0{,}42_{34}$	„

Максимальная погрѣшность при измѣреніи r не превосходила 2%, при измѣреніи d — 0,001 мм., при измѣреніи l — 0,02 метра. Такимъ образомъ для мѣди $k = 0{,}015$ (табличное число 0,017), для желѣза $k = 0{,}11$ (табличное число 0,09, — 0,15), для манганина $k = 0{,}42$ (табличное число 0,43), для никкелина $k = 0{,}42$ (таково же и табличное число).

Кромѣ описанныхъ упражненій, съ мостикомъ Витстона можно, конечно, произвести еще цѣлый рядъ другихъ интересныхъ упражненій. *С. Слѣсаревскій.*

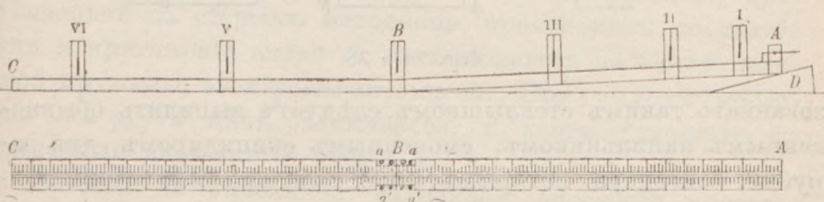
Кіевъ.

Практика физической лабораторіи. Наклонная плоскость.

В. Д. Кузнецова.

По предложенію проф. Б. П. Вейнберга мною построена наклонная плоскость для практическихъ занятій слушательницъ Сибирскихъ Высшихъ Женскихъ курсовъ въ первомъ отдѣленіи физической лабораторіи. По своей простотѣ, дешевизнѣ и приносимой пользѣ этотъ приборъ заслуживаетъ описанія.

Наклонная плоскость состоитъ изъ двухъ досокъ (фиг. 1) *AB* и *BC* (длина каждой = 100 см., ширина = 8 см. и тол-

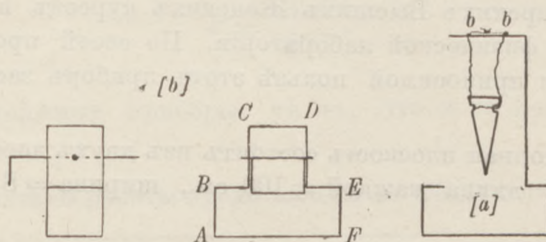


Фиг. 1.

щина = 3 см.), соединенныхъ двумя шарнирами *aa* и *a'a'*. Вдоль верхней плоскости досокъ выбранъ треугольный желобъ, шириной въ 3 см. и глубиной въ 1 см., предназначенный для скатыванія стального автомобильнаго шарика,

около 2,5 см. въ діаметрѣ. По обѣ стороны отъ жолоба нанесены дѣленія въ 1 см.; лучше всего верхнюю часть плоскости покрыть бѣлой эмалевой краской, нанести обыкновеннымъ рейсфедеромъ линіи черной тушью, проставить цифры и сверху покрыть спиртовымъ лакомъ.

Чтобы отмѣчать положенія шарика въ различные моменты его движенія, нужно построить къ этой плоскости 6 воротецъ, съ подвѣшенными на шелковыхъ ниточкахъ стеклянными колокольчиками и одно пусковое приспособленіе. Проще всего эти воротца и пусковое приспособленіе согнуть изъ полосы, шириною около 4 см., оцинкованнаго или луженаго листового желѣза. Полосы для воротецъ изгибаются такъ, какъ показано на фиг. 2 *(a)*, причемъ обоймы этихъ воротецъ должны быть такихъ размѣровъ, чтобы безъ излишней слабины воротца могли свободно перемѣщаться вдоль досокъ. Въ точкахъ *bb* верхней горизонтальной плоскости воротецъ просверливаются двѣ дырочки, сквозь которыя проходятъ нити для подвѣса стеклянныхъ колокольчиковъ. Эти колокольчики проще всего устроить изъ клинообразно вырѣзанныхъ стеклышекъ. Близъ основанія треугольника, обра-

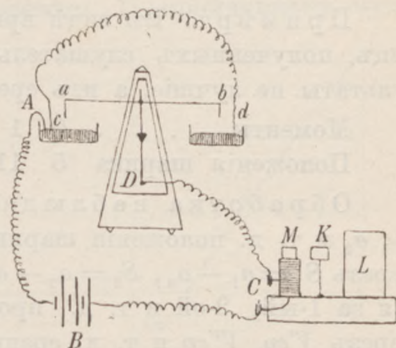


Фиг. 2a и 2b.

зованнаго такимъ стеклышкомъ, слѣдуетъ выпилить обыкновеннымъ напильникомъ, смоченнымъ скипидаромъ, двѣ зарубки, благодаря которымъ такой колокольчикъ легко подвѣсить къ воротцамъ. Высоту подвѣса слѣдуетъ подобрать такъ, чтобы шарикъ, скатывающійся по жолобу, слегка задѣвалъ колокольчикъ, но чтобы въ то же время происходило ясное звучаніе. Пусковое приспособленіе сгибается изъ той же полосы; въ рамѣ *ABCDEF* (фиг. 2*b*), спаянной тиноломъ въ мѣстѣ *F*, просверлены два отверстія, сквозь кото-

рыя пропущена проволока (около 2 мм. въ діаметрѣ); къ этой проволокѣ припаивается согнутая въ видѣ буквы Г полоса. Пусковое приспособленіе не требуетъ свободнаго перемѣщенія вдоль плоскости, а потому его обойма можетъ болѣе плотно облегать доску.

Для отбиванія секундъ служитъ обыкновенный метрономъ. Если работа производится одновременно на нѣсколькихъ наклонныхъ плоскостяхъ, т. е. на одинъ фронтъ, и требуется громкое отбиваніе секундъ, то къ метроному можно приспособить электромагнитный барабанъ. Къ качающемуся стержню метронома прикрѣплена (простымъ обвиваніемъ) мѣдная проволока *ab* (фиг. 3) съ загнутыми концами, которые попеременно опускаются въ стеклянные сосуды съ ртутью, электрически соединенные между собой мѣдной проволокой *cd*.



Фиг. 3.

Въ цѣпь *ABCD*, одинъ конецъ которой прикрѣпленъ къ оси качанія стержня, а другой—опущенъ въ одинъ изъ сосудовъ, вводятся элементы *B* и электромагнитъ *M* (число элементовъ зависитъ отъ сопротивленія обмотки электромагнита). При погруженіи каждаго конца проволоки, прикрѣпленной къ стержню метронома, происходитъ замыканіе цѣпи и притяженіе якоря *K*, находящагося на концѣ полосовой пружины, электромагнитомъ *M*. При выходѣ проволоки изъ ртути цѣпь размыкается, и якорь ударяется въ пустотѣлый деревянный ящикъ *L*.

Работа на описанной наклонной плоскости производится въ слѣдующемъ порядкѣ.

1. Пусковое приспособленіе устанавливается около конца *A* (фиг. 1), трое воротецъ—на плоскости *AB*, четвертыя—на линіи разрѣза *B*, 5-ыя и 6-ыя на части *CD*.

2. При счетѣ „нуль“ поднимается пусковое приспособленіе, которое выпускаетъ шарикъ. Подбирается уголъ на-

клона плоскости AB при помощи деревяннаго клина D такъ, чтобы при счетѣ „четыре“ шарикъ ударялъ о четвертый колокольчикъ. Послѣ этого передвиженіемъ вдоль плоскости устанавливаются первыя воротца такъ, чтобы шарикъ проходилъ черезъ нихъ въ моментъ „разъ“, вторыя—въ моментъ „два“ и т. д.

3. Послѣ установки производятся отсчеты по шкалѣ, дающіе положенія вертикальной плоскости рычага пускового приспособленія и плоскостей стеклянныхъ колокольчиковъ. Очевидно, эти отсчеты дадутъ непосредственно положенія шарика на наклонной и горизонтальной плоскости въ различные моменты.

Примѣръ. Въ видѣ примѣра приведу одну изъ таблицъ, полученныхъ слушательницами при этой работѣ (результаты не лучшіе, а изъ среднихъ):

Моменты	0	1	2	3	4	5	6
Положенія шарика	5	11	29	59	100	144	183.

Обработка наблюденій. Обозначимъ черезъ a_0, a_1, a_2 и т. д. положенія шарика въ моменты 0, 1, 2 и т. д., черезъ $S_1 = a_1 - a_0$, $S_2 = a_2 - a_1$ и т. д., пройденныя разстоянія за 1-ый, 2-ой и т. д. промежутки времени (секунды), черезъ $V'ср$, $V''ср$ и т. д. среднія скорости за 1-ую, 2-ую и т. д. секунды.

Очевидно:

$$V'ср = \frac{S_1}{1} \; \frac{см.}{сек.} ; \; V''ср = \frac{S_2}{1} \; \frac{см.}{сек.} \text{ и т. д.} \quad \ldots \ldots (1)$$

Истинныя скорости V_0, V_1, V_2 и т. д. въ моменты 0, 1, 2 и т. д. связаны со средними скоростями слѣдующими формулами:

$$V'ср. = \frac{V_0 + V_1}{2} ; \; V''ср. = \frac{V_1 + V_2}{2} \text{ и т. д.} \quad \ldots \ldots (2)$$

Откуда:

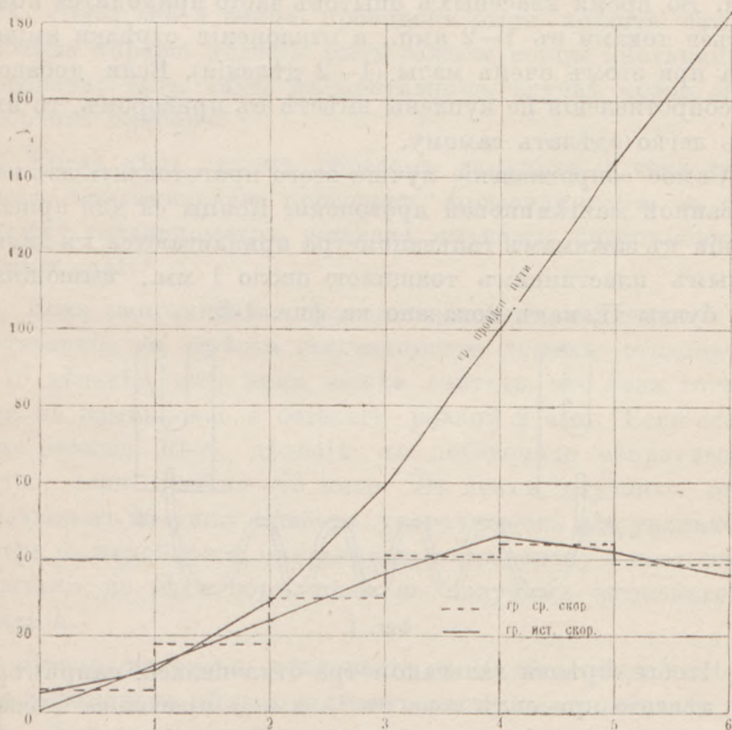
$$V_1 = 2V'ср. - V_0 ; \; V_2 = 2V''ср. - V_1 \text{ и т. д.} \quad \ldots \ldots (2')$$

Зная, слѣдовательно, изъ таблицы a_0, a_1, a_2 и т. д. и вычисливъ S_1, S_2 и т. д., мы можемъ опредѣлить $V'ср.$, $V''ср.$ и т. д., а зная среднія скорости и принимая во вниманіе, что $V_0 = 0$, такъ какъ шарикъ въ начальный моментъ находился въ состояніи покоя, можемъ вычислить истинныя скорости.

Принимая данныя таблицы, имѣемъ:

см.	см./сек.	см./сек.
$S_1 = 6$	$\overset{\mathrm{I}}{V}ср. = 6$	$V_0 = 0$
$S_2 = 18$	$\overset{\mathrm{II}}{V}ср. = 18$	$V_1 = 12$
$S_3 = 30$	$\overset{\mathrm{III}}{V}ср. = 30$	$V_2 = 24$
$S_4 = 41$	$\overset{\mathrm{IV}}{V}ср. = 41$	$V_3 = 36$
$S_5 = 44$	$\overset{\mathrm{V}}{V}ср. = 44$	$V_4 = 46$
$S_6 = 39$	$\overset{\mathrm{VI}}{V}ср. = 39$	$V_5 = 42$
		$V_6 = 36$

По этимъ даннымъ мы можемъ построить, какъ это и дѣлается на курсахъ, три графика: 1) пройденнаго пути,



Фиг. 4.

2) среднихъ скоростей и 3) истинныхъ скоростей, откладывая по оси абсциссъ секунды, а по оси ординатъ S, V*ср.* и V истинныя (фиг. 4).

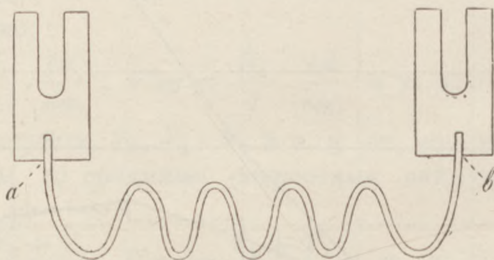
Физич. лаборат. Сибирск.
Высш. жен. курс. въ г. Томскѣ.

Какъ сдѣлать добавочныя сопротивленія къ универсальному гальванометру Гартмана и Брауна безъ помощи другихъ измѣрительныхъ приборовъ.

В. Татаринова.

Универсальный амперметръ, вольтметръ и гальванометръ Гартмана и Брауна—одинъ изъ наиболѣе удобныхъ и часто употребляемыхъ въ школьной практикѣ приборовъ. Однако, въ полной мѣрѣ его можно использовать только тогда, если при немъ имѣются добавочныя сопротивленія, позволяющія сообщать ему желаемую степень чувствительности. Во время классныхъ опытовъ часто приходится пользоваться токами въ 1—2 амп., а отклоненія стрѣлки амперметра при этомъ очень малы (1—2 дѣленія). Если добавочныя сопротивленія не куплены вмѣстѣ съ приборомъ, то ихъ очень легко сдѣлать самому.

Самое сопротивленіе лучше всего приготовлять изъ изолированной манганиновой проволоки. Концы ея для присоединенія къ зажимамъ гальванометра припаиваются къ двумъ мѣднымъ пластинкамъ толщиною около 1 мм., имѣющимъ видъ буквы П, какъ показано на фиг. 1-й.



Фиг. 1.

Чтобы стрѣлка гальванометра отклонялась, напримѣръ, на 1 дѣленіе при силѣ тока въ $^1/_5$ амп., проволока должна имѣть сопротивленіе около 0,11 ома. Если діаметръ манганиновой проволоки равенъ 1 мм., то длина ея отъ *a* и *b* должна быть приблизительно въ 21 см.

Чтобы точно подобрать проволоку надлежащей длины, поступаемъ слѣдующимъ образомъ. Составляемъ цѣпь изъ

нѣсколькихъ постоянныхъ элементовъ или аккумуляторовъ, универсальнаго гальванометра (въ качествѣ амперметра) и перемѣннаго сопротивленія. Электродвижущая сила батареи должна быть по возможности большая и ни въ какомъ случаѣ не меньше 5—6 вольтъ. Сопротивленіе подбираемъ такое, чтобы стрѣлка прибора отклонилась на 2 дѣленія, т. е. чтобы сила тока въ цѣпи равнялась 2 амп. Потомъ выключаемъ катушку гальванометра изъ цѣпи, переставивъ для этого одинъ изъ штепселей инструмента изъ зажима „amp." въ зажимъ „volt", переключаемъ провода нашей цѣпи отъ зажимовъ амперметра къ зажимамъ гальванометра и соединяемъ тѣ же зажимы кускомъ проволоки, предназначенной для добавочнаго сопротивленія. Слѣдуетъ тщательно слѣдить, чтобы всѣ 4 конца проводовъ были хорошо зажаты. Особенно хорошо должны быть зажаты концы манганиновой проволоки, такъ какъ въ противномъ случаѣ можно легко испортить приборъ.

Когда цѣпь такимъ образомъ замкнута, и токъ идетъ черезъ манганиновую проволоку, присоединяемъ къ цѣпи катушку гальванометра, вставляя штепсель инструмента въ зажимы „galv".

Если манганиновая проволока имѣетъ надлежащее сопротивленіе, то стрѣлка гальванометра должна отклониться на 10 дѣленій, такъ какъ можно считать, что сила тока въ цѣпи не измѣнилась и осталась равной 2 амп. Если отклоненіе больше 10-ти дѣленій, то добавочное сопротивленіе велико, если меньше—то мало. Въ этихъ случаяхъ опять выключаемъ катушку прибора, укорачиваемъ или удлиняемъ, смотря по надобности, манганиновую проволоку и повторяемъ испытаніе до тѣхъ поръ, пока не получимъ желаемаго отклоненія.

Когда, наконецъ, отклоненіе въ 10 дѣленій достигнуто, надо разомкнуть цѣпь и замѣтить длину манганиноваго провода. Для этого достаточно нѣсколько загнуть проволоку вверхъ у самыхъ зажимовъ. Потомъ остается только освободить ее, обрѣзать концы на разстояніяхъ около 0,5 см. отъ загибовъ и припаять ихъ къ мѣднымъ пластинкамъ такъ, чтобы перегибы пришлись въ точкахъ a и b.

Такое сопротивленіе изготовлено мною для имѣющагося въ моемъ распоряженіи гальванометра, и я имъ постоянно пользуюсь во время уроковъ.

Подобнымъ же образомъ можно изготовить добавочныя сопротивленія къ гальванометру, чтобы расширить пользованіе имъ въ качествѣ вольтметра.

Нижній-Новгородъ.

Регистрированіе на разстояніи телефонной передачи на цилиндрахъ или фонографныхъ дискахъ.

Ліоре, Дюкрете и Роже.

Запись рѣчи, музыки и разнаго рода звуковъ всегда исполнялась до сихъ поръ посредствомъ фонографа, дѣйствуя прямо на аппаратъ, причемъ звуки производились на небольшомъ разстояніи отъ записывающаго аппарата.

Мы нашли способъ, который позволилъ намъ сдѣлать регистрированіе болѣе совершеннымъ и на какомъ угодно разстояніи отъ записывающаго аппарата, при помощи телефонной линіи. Сдѣланное потомъ воспроизведеніе отличается большой силою, если аппаратъ для передачи снабженъ раструбомъ или трубочками, вставляемыми въ уши. Чтобы получить этотъ результатъ, мы употребили громко говорящій телефонъ, извѣстный подъ названіемъ „Гаярдъ-Дюкрете“.

Микрофонъ, помѣщенный на разстояніи, даетъ возможность пропускать довольно сильный токъ, варьируя приблизительно около 0,5 амп. Эти измѣненія воспроизводятся въ пріемникѣ, который помѣщается въ главной цѣпи на случай короткаго разстоянія (отъ 300 до 400 метровъ), или въ цѣпи особой индуктивной катушки на случай большого разстоянія (отъ 10 до 15 км.).

Телефонный пріемникъ точно подобранъ при помощи соединительной трубы, приложенной къ обыкновенной амбушюрѣ, которою вообще снабжается записывающая діафрагма. Регулировка пріемника дѣлается очень точно,

измѣняя съ помощью винта разстояніе между электромагнитомъ и діафрагмой.

Между мембранами телефона и фонографа находится особая камера, наполненная воздухомъ и сдѣланная изъ двухъ трубъ, которыя входятъ одна въ другую такимъ образомъ, чтобы можно было измѣнять ихъ объемъ. Эта камера сообщается съ внѣшнимъ воздухомъ черезъ маленькое отверстіе, которое мѣшаетъ сжатію воздуха внутри.

Колебанія, воспроизведенныя мембраной пріемника, сообщаются такимъ образомъ діафрагмѣ и штифту фонографа промежуточнымъ слоемъ воздуха и записываются уже извѣстнымъ способомъ на дискахъ или цилиндрахъ. Если позаботиться о выборѣ наиболѣе подходящихъ размѣра и формы діаграммы, то получается совершенно вѣрная запись многочисленныхъ и сложныхъ вибрацій голоса человѣка.

Мы сдѣлали нѣкоторыя вспомогательныя приспособленія къ этому прибору, чтобы употребленіе его было практичнымъ.

I. На пріемной станціи записываніе происходитъ автоматически при помощи релэ, возбуждаемаго телефоннымъ токомъ и замыкающаго мѣстный токъ, который приводитъ въ дѣйствіе электромагнитъ и спускаетъ механизмъ фонографа.

2. Когда записывающій штифтъ дойдетъ до конца своего движенія, то онъ автоматически прерываетъ токъ линіи такъ, что съ помощью указателя тока, вставленнаго въ цѣпь передаточной станціи, корреспондентъ можетъ убѣдиться, принято ли его сообщеніе.

3. Телефонный пріемникъ помѣщается около записывающаго аппарата, и коммутаторъ позволяетъ по желанію записать разговоръ или, если нужно, просто обмѣняться имъ.

Напрасно настаивать на многочисленныхъ преимуществахъ и практическомъ примѣненіи этого приспособленія: корреспондентъ имѣетъ возможность послать извѣстіе или продиктовать письмо въ какой угодно моментъ и въ какомъ бы мѣстѣ онъ ни былъ; нѣсколько передаточныхъ станцій могутъ быть расположены въ отвѣтвленіяхъ на одной линіи и позволитъ многимъ корреспондентамъ отправлять свои посланія съ разныхъ мѣстъ въ одинъ пріемникъ, ко-

торый ихъ всѣхъ сосредоточиваетъ. Нуженъ только одинъ фонографъ; онъ устроенъ на пріемной станціи и служитъ въ одно и то же время для пріема и для передачи. Наконецъ, ораторъ можетъ дать записать свою рѣчь, не будучи принужденъ говорить непосредственно въ неподвижную амбушюру трубы. Длинный гибкій шнуръ, связывая его микрофонъ съ линіей, позволяетъ ему, если онъ желаетъ, дѣйствовать въ различныхъ районахъ, причемъ передача рѣчи не ослабляется. (Comptes rendus. T. 152, p. 1476).

Библіографія.

4. Журналъ „Wektor". Съ августа минувшаго года началъ выходить въ Варшавѣ на польскомъ языкѣ журналъ подъ заглавіемъ „Wektor", посвященный физико-математическимъ наукамъ. Главнымъ редакторомъ журнала состоитъ Станиславъ Осиповичъ Калиновскій, руководитель физическаго кабинета при Музеѣ промышленности и земледѣлія, извѣстномъ Варшавскомъ учрежденіи.

На польскомъ языкѣ существуетъ нѣсколько изданій, которыя помѣщаютъ статьи по физико-математическимъ наукамъ. Краковская Академія Наукъ печатаетъ протоколы и сборники статей своего физико-математическаго отдѣленія, Общество естествоиспытателей имени Коперника издаетъ журалъ „Kosmos", далѣе въ Варшавѣ выходятъ „Prace matematyczno-fizyczne" и „Wszechświat" (Вселенная): послѣдній и Kosmos посвящены всѣмъ отраслямъ естественныхъ наукъ.

Среди этихъ журналовъ Wektor занялъ особое мѣсто. Главная его цѣль—служить интересамъ преподавателей средней школы. Наряду со статьями педагогическаго характера и рефератами о новѣйшихъ открытіяхъ и успѣхахъ научной мысли мы находимъ статьи изъ исторіи науки. Напримѣръ, во второмъ номерѣ обстоятельно изложена исторія открытія Гальвани и Вольты.

Появившіеся номера этого журнала весьма содержательны. Въ нихъ имѣются и оригинальныя научныя работы. Переводныхъ статей редакція не печатаетъ. Особое вниманіе обращено на библіографическій отдѣлъ. Рефераты о книгахъ вообще тщательно разработаны и нѣкоторые изъ нихъ отличаются исчерпывающей полнотой разбора. Свѣдѣнія, имѣющія характеръ научной хроники, заполняютъ отдѣлъ подъ названіемъ „Miscellanea". Кромѣ того, читателямъ предлагаются задачи для рѣшенія.

Внѣшность изданія производитъ очень пріятное впечатлѣніе. Редакція выпускаетъ десять номеровъ въ годъ. Цѣна—6 рублей.

Адресъ: Краковское предмѣстье, 66.

Кіевъ. *Ч. Бялобржескій.*